

**Componentes del rendimiento y calidad en naranja var. Valencia
[*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] afectados por el déficit hídrico en distintos
momentos del ciclo**

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,
Área Producción Vegetal con orientación en cultivos intensivos*

Adriana Gomez Omil

Ingeniero Agrónomo - Universidad Nacional de Jujuy- Año de egreso 2009

Lugar de trabajo: Estación Experimental de Cultivos Tropicales – INTA Yuto
Universidad Nacional de Jujuy- Facultad de Ciencias Agrarias-
Cátedra de Ecología Agrícola



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires



COMITÉ CONSEJERO

Director de Tesis

María Cecilia Rousseaux

Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires)

Doctor en Ciencias Agropecuarias (Universidad de Buenos Aires)

Consejero de Estudios

Enrique Eduardo Sánchez

Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional del Sur)

Ph.D (Oregon State University)

JURADO DE TESIS

JURADO

Jorge Alejandro Prieto

Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional de Cuyo)

Doctor en Biología de Plantas (Centro Internacional de Estudios Superiores SupAGRO

Montpellier)

JURADO

Liliana Windauer

Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires)

Doctor en Ciencias Agropecuarias (Universidad de Buenos Aires)

JURADO

Roberto Fernández Aldúncin

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

Ph.D (Duke University)

Fecha de defensa de la tesis: 11 de Septiembre de 2018

Dedico esta tesis a mi amor Gerardo, y mis dos hermosos hijos Benjamín y Ezequiel. A mis Padres y a toda mi familia.

Agradecimientos:

En primer lugar agradezco a mi directora de Tesis Dr. María Cecilia Rousseaux y a mi codirector Dr. Enrique Sánchez por sus aportes, dedicación y guía en este trabajo. Agradezco la colaboración en todo momento del Dr. Peter StoughtonSearles

Agradezco especialmente a mi director de Beca, Marcelo Perondi por su compromiso y su constante enseñanza. Además de la predisposición y el acompañamiento en este proceso de aprendizaje continuo.

Agradezco a mis compañeros de la Cátedra de Ecología Agrícola de Facultad de Ciencias Agrarias -UNJu. Gustavo Guzmán, Rocío Julián y Ezequiel Medina.

Al personal de apoyo del grupo cítricos: Luis Pintos, Benjamín Gutiérrez y Héctor Cabana.

Agradezco al INTA por la oportunidad, especialmente a la EECT INTA Yuto. .

Agradezco especialmente a mi amiga Tilda Ledesma por animarme a terminar con esta tesis.

Agradezco a mis amigas y compañeras Carina Armella y Lili Puch por su continuo apoyo.

A mis amigas de laboratorio Sole, Elina, Noelia, Mariela y Silvia (que siempre te tendremos presente).

A mis amigas Mariana Minnervini y Bethania Aimetta por sus enriquecedoras discusiones

Agradezco desde mi llegada a la Experimental a mi amigo y compañero Jose Czepulis Casares, por sus enriquecedoras discusiones y su enseñanza en el proceso de investigación.

A Josefina Diez por su ayuda en el capítulo de agua.

Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.

ÍNDICE GENERAL

1	Capítulo 1 : Introducción general	
1.1	Presentación del problema	1
1.2	Antecedentes	4
1.3	Objetivo General	11
1.3.1	Objetivo específico 1	12
1.3.2	Objetivo específico 2	12
2	Capítulo 2: Materiales y Métodos	
2.1	Material vegetal, condiciones experimentales y tratamientos de riego	14
2.2	Evapotranspiración	
2.2.1	Evapotranspiración de referencia	19
2.2.2	Evapotranspiración del cultivo (ETc)	19
2.3	Dinámica del agua en el suelo	
2.3.1	Contenido hídrico gravimétrico	19
2.3.2	Contenido hídrico volumétrico	20
2.4	Estado hídrico de las plantas	20
2.5	Mediciones del árbol	21
2.6	Floración : Número de inflorescencias y flores solitarias	21
2.7	Cuaje	22
2.8	Tamaño inicial de fruto y tasa de crecimiento	22
2.9	Rendimiento y sus componentes	23
2.10	Calidad de fruto	23
2.11	Eficiencia del uso del agua	25
2.12	Análisis estadístico	25
3	Capítulo 3: Resultados	

3.1	Condiciones meteorológicas	29
3.2	Agua aplicada	33
3.3	Dinámica de agua en el suelo	36
3.4	Estado hídrico de las plantas	39
3.5	Número de inflorescencia y flores solitarias	42
3.6	Cuaje	44
3.7	Tamaño inicial del fruto y tasa de crecimiento	48
3.8	Rendimiento y sus componentes	54
3.9	Calidad de fruto	57
3.10	Eficiencia del uso del agua	63
4	Capítulo 4: discusión y conclusiones generales	64
5	Bibliografía	77
6	Anexos	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Análisis fisicoquímicos realizados en el Laboratorio de Suelo, Agua y Fertilizantes- LabSAF. Grupo de Recursos Naturales. Estación Experimental Agropecuaria Salta.INTA Cerrillos.....	15
Cuadro 2: ETc (mm), precipitaciones (mm; Pp), y cantidad total de riego aplicado (mm) para cada tratamiento según la fase fenológica, para la primera (año: 2013) y segunda (año: 2014) temporada experimental. Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). También se presentan los mm totales regados y el total de agua aplicada entre riego y precipitación para cada tratamiento.....	35
Cuadro 3: Características cualitativas de fruta: Sólido solubles (°Brix), acidez titulable, índice de madurez e índice de color para la primera (año 2013) y para la segunda temporada experimental (año 2014) para los diferentes tratamientos: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Número total de parcelas evaluadas=20.....	61
Cuadro 4: Características cuantitativas de fruta: espesor de cascara (mm), número de gajos, numero de semillas y % de jugo para la primera temporada experimental (año 2013) y para la segunda temporada experimental (año 2014) para los diferentes tratamientos: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Número total de parcelas evaluadas=20.....	62
Cuadro 5: : Eficiencia del uso del agua total (kg m ⁻³ mm ⁻¹) entre la cantidad de agua aplicada por tratamiento (mm) más precipitaciones (mm) y el rendimiento (kg m ⁻³) y Eficiencia del uso del agua regada (kg m ⁻³ mm ⁻¹) entre la cantidad de agua aplicada por tratamiento (mm) y el rendimiento (kg m ⁻³) para los distintos tratamientos Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR).. Los valores indican promedio +/- error estándar (n=5) para cada tratamiento de las dos temporadas. Letras diferentes indican diferencias significativas y p<0.05 en EUA regada. Letras en <i>itálica</i> indican diferencias significativas p<0.10 en EUA total. Número de parcelas evaluadas=20.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1: Ubicación del ensayo: Finca comercial de naranja cv. Valencia Late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) en la localidad de Yuto (23°38'S; 64° 28'O), Provincia de Jujuy, Argentina, a una altitud de 349 msnm.....16

Fig. 2: Esquema de aplicación de los tratamientos según estadio fenológico y meses..... 18

Fig. 3: Valores de promedios mensuales de ETo (mm mes-1) y precipitación (mm mes-1) de la primera temporada (año: 2013) y la segunda temporada experimental (año: 2014) hasta finalizar la cosecha (año: 2015) para la localidad de Yuto. Las flechas enteras marcan los periodos de floración y cosecha para cada temporada de ensayo (agosto: floración; junio: cosecha). Las líneas punteadas representan el inicio (julio) y fin del ensayo de riego (fines de julio del año siguiente).30

Fig. 4: Temperatura máxima absoluta mensual, media absoluta mensual y mínima absoluta mensual de la primera temporada (año: 2013), y segunda temporada experimental (año: 2014) hasta finalizar la cosecha (año: 2015).....32

Fig. 5: Agua relativamente extraíble del suelo (REW %) en función de los días desde comienzo del ensayo para la primera temporada experimental (año 2013; A) y la segunda temporada experimental (año 2014; B). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). En la parte superior se indican las etapas fenológicas del cultivo: DF (diferenciación floral); FC (Floración-Cuaje), FI (Fase I de crecimiento de fruto), FII: CI (Inicio de la fase II de crecimiento del fruto), F II: Medio (Medio de la fase II de crecimiento del fruto). Los símbolos llenos indican el promedio + error estándar (n= 5) para cada tratamiento y fecha. Los símbolos vacíos corresponden a valores estimados según ecuación no lineal $y = ((\text{Potencial hídrico xilemático} + 2.15) * (\text{Potencial hídrico xilemático} < -0.5353) / 2.41)$. Número total de parcelas evaluadas= 20.....38

Fig. 6: Potencial agua xilemático (MPa) para la primera temporada experimental (año 2013; A) y para la segunda temporada experimental (año 2014; B). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). En la parte superior se indican las etapas fenológicas del cultivo: DF (diferenciación floral); FC (Floración-Cuaje), F I (Fase I de crecimiento de fruto), F II: CI (Inicio de la fase II de crecimiento del fruto), F II: Medio (Medio de la fase II de crecimiento del fruto). Los símbolos llenos indican el promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Los símbolos vacíos corresponden a valores estimados según ecuación $y = -2.15 + ((2.41 * \text{REW}) * (\text{REW} < 0.67)) + ((2.41 * 0.67) * (\text{REW} \geq 0.67))$. Número total de parcelas evaluadas=20..... 41

Fig. 7 Número de inflorescencia por cm de rama diferenciado por tipo de inflorescencia (multifloral con hojas, multifloral sin hojas y flores solitarias) para la primera temporada experimental (año 2013; A) y para la segunda temporada experimental (año 2014; B). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y tipo de inflorescencia. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0.05$). Número total de parcelas evaluadas=20.....43

Fig. 8: Porcentaje de frutos cuajados para la primera temporada experimental (año 2013) y para la segunda temporada experimental (año 2014). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.05$). No hubo interacción tratamiento x año ($p>0.05$). El efecto individual del factor Año mostró que el porcentaje de cuaje de 2013 fue mayor que el de 2014 ($p<0.05$). Número total de parcelas evaluadas=20.....45

Fig. 9: Porcentaje de frutos cuajados por tipo de inflorescencia para la segunda temporada experimental (año 2014). . Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). En la parte inferior se indican los tipos de inflorescencia/flores (multifloral con hojas, multifloral sin hojas y flores solitarias). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento. Letras en *italica* indican diferencias significativas ($p<0.1$). Multifloral con hojas $p>0.10$. Número total de parcelas evaluadas=20.....47

Fig.10: Diámetro inicial de fruto (mm; A), altura inicial de fruto (mm; B) y peso de fruto (g/fruto; C) para la primera (año: 2013) y segunda (año: 2014) temporada experimental pasada la caída fisiológica y antes de la modificación de las condiciones hídricas. . Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0.05$). Número total de parcelas evaluadas=20.....49

Fig. 11: Incremento del diámetro del fruto (mm día⁻¹) en función de los días desde floración para la primera (año:2013; A) y segunda temporada experimental (año: 2014;B). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR) Los símbolos indican el promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Número total de parcelas evaluadas=20.....52

Fig. 12: : Diámetro del fruto (mm) desde floración (A: año: 2013) y para la segunda temporada (B, año 2014). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Los símbolos indican el promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Número total de parcelas evaluadas=20

.....
 .53

Fig. 13: Rendimiento (kg por m³ de copa; A), número de fruto ((# m⁻³ de copa; B) y peso de fruto (g fruto⁻¹; C) para la primera (año: 2013) y para la segunda (año: 2014) temporada experimental. Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0.05). Letras en *italica* indican diferencias significativas (p<0,1). No hubo interacción tratamiento x año (p>0.05). Número total de parcelas

evaluadas=20.....
 .55

Fig. 14: Peso seco de fruto (g fruto⁻¹) para la segunda (año; 2014) temporada experimental. Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0.05).
 Número total de parcelas evaluadas=20.....

..56

Fig. 15: : Rendimiento expresado en % de calibre comercial para la primera (año 2013; A) y la segunda temporada experimental (año 2014; B). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Calibre comercial 6 (53 a 54 mm), 5 (56 a 67 mm), 4 (70 a 74 mm), 3 (77.5 a 86 mm) y mercado interno (superior a 86 mm). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y calibre). Letras en *italica* indican diferencias significativas (p<0.1) Número total de parcelas evaluadas=20.....

.....58

ABREVIATURAS

CON1. Control regado

RS1: Riego suplementario de julio a septiembre

RS2: Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2)

SR: Sin riego

ET_o: evapotranspiración de referencia

ET_c: evapotranspiración de cultivo

ET_{c_{aj}}: Evapotranspiración de cultivo en condiciones de estrés hídrico

REW%: agua relativamente extraíble

Ψ_{md} : potencial agua xilemático al mediodía

TCA: tasa de crecimiento absoluto

DF: diferenciación floral

FC: Floración-Cuaje

F I: Fase I de crecimiento de fruto

F II: CI Inicio de la fase II de crecimiento del fruto

F II: Medio: Medio de la fase II de crecimiento del fruto

RESUMEN:

El agua es actualmente el recurso más vulnerable debido al desarrollo de una agricultura intensiva con demandas hídricas elevadas y en creciente expansión. A su vez, la cantidad de agua disponible para riego es reducida por lo cual es necesario su aplicación en el momento en el que mayor impacto tendrá sobre el rendimiento y/o la calidad del producto. El objetivo del trabajo es evaluar el efecto del riego suplementario durante la definición de los componentes numéricos del rendimiento y la calidad de naranja var. Valencia Late injertado sobre CitrangeTroyer que permitirá un uso más eficiente de la escasa agua disponible. El estudio se realizó en una finca comercial de 8 años de edad de naranja cv. Valencia Late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), injertado sobre CitrangeTroyer (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* Raf.) en la localidad de Yuto, Provincia de Jujuy, Argentina. Los tratamientos aplicados durante las temporadas de crecimiento 2013-2014 y 2014-2015, fueron: a) Control regado (CON): testigo con riego desde julio a noviembre; b) Riego suplementario de julio a septiembre: (RS1), c) Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2), (i.e., se comenzó a regar una vez pasada la caída fisiológica); y d) Sin riego (SR): no regado durante la aplicación de los tratamientos desde julio a noviembre. Se midió el potencial hídrico xilemático (ψ_{md}) y la humedad de suelo. El efecto de los tratamientos se observaron en los componentes del rendimiento y en calidad de fruta, a principios de octubre y en junio (cosecha final). Un riego suplementario durante julio-septiembre (desde diferenciación floral) mejora la cantidad de inflorescencias abiertas a floración y el número de frutos cuajados, repercutiendo positivamente en el número de frutos finales y así sobre el rendimiento. Mientras que un riego suplementario durante octubre-noviembre (crecimiento lineal de fruto) produce un mayor tamaño de frutos a cosecha con calidad de exportación. Entonces, según las precipitaciones otoñales y la relación de precios para exportación será conveniente aplicar riego suplementario en una u otra etapa del cultivo.

Palabras claves: disponibilidad hídrica, árboles cítricos, fases fenológicas, potencial hídrico xilemático, número y peso de frutos.

ABSTRACT:

Water is currently the most vulnerable resource due to the development of intensive agriculture with high and growing water demands. In turn, the amount of water available for irrigation is reduced, so it is necessary to apply it at the time it will have the greatest impact on the yield and / or quality of the product. The aim of this work is to assess the effect of supplementary irrigation during the definition of yield numerical components and orange quality var. Valencia Late grafted on Citrange Troyer that will allow a more efficient use of the scarce water available. The study was carried out on an 8-year-old commercial farm in orange cv. Valencia Late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), grafted on Citrange Troyer (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* Raf.) in Yuto town, Jujuy province, Argentina. The treatments applied during the growth seasons 2013- 2014 and 2014-2015 were: a) Irrigated control (CON): control with irrigation from July to November; b) Supplementary irrigation from July to September: (RS1), c) Supplementary irrigation from October to November (RS2), (i.e., began to water once past the physiological fall); and d) Without irrigation (SR): not irrigated during the application of the treatments from July to November . The xylem water potential (ψ_{md}) and the soil moisture were measured. Treatments effects were evaluated on yield components and in fruit quality, in early October and in June (final harvest). A supplementary irrigation during July- September (from floral differentiation) improves the number of inflorescences open to flowering and the number of fruits set, with a positive impact on the number of final fruits and thus on the yield. Whereas supplementary irrigation during October-November (initial fruit growth) produces larger size fruits at harvest with export quality. Therefore, depending on the autumn rainfall and the export price ratio, it will be advisable to apply supplementary irrigation at one or another crop stage.

Keywords: Water availability, citrus trees, phenological phases, xylem water potential, number and weight of fruits.

Capítulo 1: Introducción:

1.1 Presentación del problema:

El agua es actualmente el recurso más vulnerable debido al desarrollo de una agricultura intensiva con demandas hídricas elevadas y en creciente expansión. Sumado a esta situación el cambio climático ha modificado la disponibilidad hídrica en algunas zonas concentrando o disminuyendo las precipitaciones (IPCC 2007, IPCC 2014). Esto ha generado una disminución de la disponibilidad hídrica para los cultivos (Iglesias y Garrote 2015).

Bajo este panorama mundial, en Argentina la demanda hídrica para la agricultura aumentó como consecuencia del incremento de la temperatura debido al calentamiento global, que ha ocasionado un aumento de la evapotranspiración potencial (ET_p), especialmente en los Bosques de Yungas (Blázquez 2011) que abarca parte del noroeste de Argentina. Informes sobre cambio climático mencionan que dicho incremento se manifestó en los últimos 100 años (1906-2005) donde las temperaturas aumentaron 0,13 °C promedio por decenio a nivel mundial (IPCC 2007) con tendencia a seguir incrementándose (IPCC 2014). Agravando esta situación, la disponibilidad hídrica ha ido disminuyendo en estos últimos años como consecuencia de menores precipitaciones y una irregular distribución de las mismas. Durante los últimos 25 años se ha generado un cambio en la duración del periodo seco, concentrando aún más las precipitaciones en los meses de verano (Blázquez 2011). A su vez, los valores proyectados de precipitación indican para el siglo XXI una probable disminución de hasta un 20% en regiones subtropicales (IPCC 2007). Según el IPCC (2014) se proyectan incrementos o descensos en las precipitaciones con proyecciones para el 2100 que indican un aumento en los períodos de sequía en la región tropical de América del

Sur, al este de los Andes. Contrariamente Rosenzweig et al. (2004) menciona la posibilidad de que se manifiesten pequeños cambios positivos en el suministro de agua para la región norte de Argentina en los próximos 20 años, pero prevé un aumento de la demanda hídrica de los cultivos. Esta irregularidad en la frecuencia y distribución de las precipitaciones ha generado años con mermas en la producción de los diferentes cultivos realizados en la zona, entre ellos el naranjo.

Una de las zonas productoras de cítricos en Argentina se encuentra localizada en la región noroeste. Dentro de las provincias que abarcan esta región se encuentra la provincia de Jujuy, que se caracteriza por tener una variabilidad de condiciones climáticas que le confiere una diversidad de ecosistemas. Estos ecosistemas varían desde zonas de escasa precipitación como las estepas puneñas hasta zonas de mayor disponibilidad hídrica como los Bosques de Yungas. La producción citrícola de la provincia de Jujuy, abarca una superficie de 8100 hectáreas, el 50% corresponde a naranja (Marcelo Perondi técnico área citricultura de la Estación Experimental de Cultivos Tropicales INTA Yuto, comunicación personal). La producción se concentra en una zona de transición entre el Bosque de Yungas y Bosque Chaqueño denominada Selva Pedemontana, o Selva/Bosque de transición (Braun Wilke et al. 2001); dentro de los departamentos de Ledesma y Santa Bárbara. Esta unidad transicional forma parte de la cuenca del río San Francisco. Las producciones agrícolas de la región, y en especial los cultivos de caña de azúcar, cítricos, hortalizas, forestales y cultivos tropicales, se encuentran distribuidas en este piso altitudinal debido a las mejores condiciones de suelo y menor pendiente, siendo Yuto una de las áreas con mayor producción de cítricos en la región junto con otras localidades cercanas como Lib. Gral. San Martín (Jujuy), Colonia Santa Rosa y Orán (Salta).

La precipitación media anual en la zona de Yuto varía entre 800 a 900 mm anuales, con un exceso de agua en los meses de primavera-verano (noviembre a marzo) y una marcada sequía invernal (junio a septiembre) (Laboratorio de Teledetección y SIG, INTA – EECT Yuto, EEA Salta 1994). En los últimos años se ha observado un alargamiento de la época de sequía invernal, retrasándose el inicio de las precipitaciones a diciembre. En esta zona se han registrado valores de precipitación de menos de 600 mm en los años de marcada sequía (Datos Estación meteorológica de Yuto 2013-2014). El agua disponible para riego de las quintas citrícolas proviene de tomas en los ríos con una distribución a través de canales y acequias, donde aquellos productores más tecnificados han logrado evolucionar en sus sistemas de almacenamiento de agua construyendo represas o con acceso a agua subterránea a través de pozos. El riego por manto constituye el 100% de la superficie en los productores menos tecnificados, 60% en productores medianos y un 42% en grandes productores (Marcelo Perondi técnico área citricultura de la Estación Experimental de Cultivos Tropicales INTA Yuto, comunicación personal). Resumiendo, en la zona de Yungas la disponibilidad hídrica no llega a cubrir las necesidades del cultivo de naranja debido al aumento progresivo de la ETo y las bajas precipitaciones durante invierno y primavera, momentos coincidentes con la floración y el inicio del crecimiento del fruto. Esta baja disponibilidad de agua por lluvias puede parcialmente cubrirse con riegos suplementarios. Conocer el efecto del riego suplementario durante la definición de los componentes del rendimiento y la calidad permitirá un uso más eficiente de la escasa agua disponible.

1.2 Antecedentes del problema

A nivel mundial el riego suplementario se ha venido implementando en frutales para incrementar la eficiencia de uso del agua, regando según las necesidades del cultivo para los diferentes estadios fenológicos (Hsiao y Acevedo 1974, Castel y Buj 1990, Domingo et al. 1996, González-Altozano y Castel 2003, Pérez-Pérez et al.2008a, Pérez-Pérez et al.2008b, Pérez-Pérez et al.2009, García-Tejero et al. 2010a, Ballester et al. 2011, García-Tejero et al. 2011a, García-Tejero et al. 2011b, Panigrahi et al. 2012, Ballester et al. 2013, Conesa et al. 2014). Para ello es necesario identificar cuáles son los estadios fenológicos que tienen mayor relevancia sobre los componentes del rendimiento y cuáles de ellos son sensibles a los cambios en la disponibilidad hídrica, permitiendo identificar los momentos adecuados para un ahorro de agua sin afectar el rendimiento.

En Argentina, las zonas productoras de cítricos han buscado mitigar el efecto de los cambios en la disponibilidad hídrica aumentando la frecuencia de riego, incluso modificando el tipo de riego (riego gravitacional a riego presurizado) para suavizar en parte el efecto de la falta de agua. Pero la tecnificación del sistema de riego no alcanzó para evitar la caída de rendimiento de los cítricos en años con marcada sequía primaveral (Marcelo Perondi técnico área citricultura de la Estación Experimental de Cultivos Tropicales INTA Yuto, comunicación personal). En la región de Yuto es necesario profundizar los conocimientos sobre el efecto del riego suplementario con el objetivo de evitar las disminuciones bruscas de los rendimientos que sufren los productores citrícolas del área de estudio.

Los estadios fenológicos más importantes dentro del ciclo reproductivo en frutales cítricos se dividen en: inducción floral, diferenciación floral, floración-cuaje y

crecimiento de fruto. Cada estadio fenológico está influenciado de manera diferente por las condiciones ambientales e impacta de forma distinta en el rendimiento. En cítricos, el número de frutos a cosecha depende del número de yemas inducidas a floración, de la diferenciación de esas yemas inducidas en estructuras florales y del porcentaje de las mismas que cuajan a fruto, siendo cada una de las etapas en las cuales ocurren estos estadios fenológicos regulada por factores internos y externos (Iglesias et al. 2007). En regiones subtropicales, como la que nos ocupa, la inducción floral en naranjo ocurre en los meses invernales previos a la floración, aunque en regiones tropicales también puede ocurrir en otros momentos del año (Tadeo et al. 2008). Este proceso es favorecido por la exposición a bajas temperaturas, los días cortos y el estrés hídrico (Southwick y Davenport 1986, Garcia-Luis et al. 1992, Valiente y Gene Albrigo 2004). En cambio, la inducción es inhibida por la presencia de una elevada carga de fruta proveniente de la floración anterior y aún no cosechada, probablemente debido al efecto inhibidor de las giberelinas producidas por las semillas (Guardiola et al. 1982, Iglesias et al. 2007, Dovis et al. 2014). La inhibición de la floración en citrus no se debe a una baja disponibilidad de carbohidratos sino a un proceso regulatorio hormonal (Dovis et al. 2014).

Al final del invierno ocurre la diferenciación floral, aunque puede haber diferencias entre las distintas especies de citrus en cuanto a la fecha de comienzo de esta etapa (Iglesias et al. 2007). En cítricos, a diferencia de los frutales de hoja caduca, la diferenciación floral no ocurre hasta los primeros estadios de la brotación de yemas, siendo las yemas vegetativas y reproductivas anatómicamente indiferenciables durante el período invernal (Garcia-Luis et al. 1992). En otros frutales, un déficit hídrico durante diferenciación floral se asocia con un aumento en la proporción de flores imperfectas (i.e., con aborto de pistilo) (e.g. olivo, Rapoport et al. 2012) y flores mal

formadas (i.e., flores con dos carpelos) (e.g. duraznero, Johnson et al. 1992; Girona et al. 2005) que repercuten negativamente sobre el cuaje y el rendimiento. En general, hay pocos trabajos que hayan analizado el efecto de un déficit hídrico durante diferenciación floral en cítricos y su efecto sobre los componentes del rendimiento, posiblemente debido a que la mayoría de las plantaciones se realizan en zonas con precipitación invernal. Solo un estudio registra un cambio en la relación de inflorescencias con y sin hojas frente a un estrés hídrico severo y moderado, en la etapa juvenil de mandarina Satsuma (Koshita y Takahara 2004) pero con un comportamiento diferente al esperado en árboles adultos. En otros frutales (e.g., duraznero, Johnson et al 1992, olivo Pierantozzi et al. 2013) un estrés hídrico durante diferenciación floral repercute negativamente en la calidad floral y en el cuaje. En este sentido analizar el efecto de un déficit hídrico durante la etapa de diferenciación floral sobre el tipo de inflorescencia generada en árboles adultos representa un avance en el entendimiento de las respuestas en cítricos.

En naranjo, la floración se produce en primavera junto con la brotación vegetativa, llegando a formarse hasta 250000 flores por árbol agrupadas en diferentes tipos de brotes florales (multiflorales sin hojas, multiflorales con hojas y uniflorales con hojas) (Agustí et al. 2003, Iglesias et al. 2007, Carr 2012). En regiones subtropicales, se generan dos brotaciones, una en primavera y otra de menor intensidad en verano; siendo la segunda brotación casi exclusivamente vegetativa (Ávila et al. 2011). La floración es el estado fenológico de mayor consumo de fotoasimilados en el ciclo del cultivo (Dovis et al. 2014). Desde el comienzo del desarrollo de la flor hasta la antesis, se consumen aproximadamente 90 mg de azúcares por flor individual, con un requerimiento de energía extra en la formación de néctar; siendo las flores un destino fuerte, mayor incluso que los frutos (Dovis et al. 2014). La alta demanda en floración está

suplementada por todos los órganos de la planta, especialmente por las raíces que aportan el 60% del consumo de carbohidratos en floración (Monerri et al. 2011).

Es conocido en naranjo que el cuaje es altamente dependiente del tipo de inflorescencia. Así, aquellas inflorescencias sin hojas tienen una menor probabilidad de cuaje que aquellas con hojas (Ruiz 2001, Iglesias et al. 2007, Carr 2012). A su vez, el número de flores influye sobre la calidad de la floración, y una reducción en el número de flores por árbol resulta en una mayor proporción de flores en inflorescencias con hojas generando una mayor proporción de frutos grandes (Guardiola y García-Luis 2000). El número final de frutos cuajados varía entre 0.1 y 10% del total de flores producidas y es uno de los componentes con mayor impacto sobre el rendimiento del cultivo (Guardiola y García-Luis 2000). El cuaje es altamente dependiente de la disponibilidad de carbohidratos generados durante ese período (Iglesias et al. 2003), no así de la reserva de carbohidratos, las cuales son consumidas previamente durante la floración primaveral (Monerri et al. 2011). Luego del cuaje existe una caída natural de frutos descrito como una senescencia temprana, relacionado con el equilibrio entre reguladores e inhibidores de crecimiento, más precisamente con la acumulación de giberelinas en los ovarios como factor de crecimiento y el contenido de ácido jasmónico y ABA como inhibidores. La abscisión, por lo tanto, se produce con un desbalance hormonal (Pozo 2001), que puede ser agravado por un estrés hídrico que genera una síntesis de ABA en raíces (De Assis Gomes et al. 2004). Algunos autores sostienen que en citrus un déficit hídrico (debajo de -1.5 MPa en promedio) durante floración y cuaje reduce el número de frutos (Ginestar y Castel 1996, Pérez-Pérez et al. 2008a, García-Tejero et al. 2010b). Estos efectos negativos se deben a la disminución de la tasa fotosintética en hojas y una disminución de la disponibilidad de carbohidratos necesarios para el desarrollo inicial de los frutos (Pérez-Pérez et al. 2008a).

En citrus, el crecimiento del fruto puede ser dividido en tres periodos: crecimiento exponencial o fase I (desde floración a caída fisiológica), crecimiento lineal o fase II (aumento de tamaño) y maduración o fase III (aumento del contenido de sólidos solubles y disminución progresiva de los ácidos libres) (Agustí et al. 2003). Todo el proceso desde floración a madurez puede llevar de 7 a 10 meses, siendo la fase II la más larga (6 a 8 meses).

La fase I o periodo de crecimiento exponencial, dura desde la antesis hasta el final de la caída fisiológica de los frutos, y se caracteriza por un rápido crecimiento del fruto provocado por la división celular, con el consiguiente aumento del número de células de todos sus tejidos en desarrollo, excepto del eje central (Bain 1958, Agusti et al. 2003). A nivel de árbol, esta fase de crecimiento del fruto coincide con el momento en que se define el número de frutos ya que el cuaje y la caída fisiológica ocurren conjuntamente con la fase I de alta división celular. La caída de fruta durante esta fase es dependiente de la disponibilidad de carbohidratos debido a la alta demanda de los frutos en formación. A su vez, la deficiencia de carbohidratos está asociado con el incremento de ácido abscísico (ABA) y etileno causando la abscisión de frutos pequeños (Iglesias et al. 2007). Un déficit hídrico en esta fase aumenta el número de frutos caídos (Doorenbos y Kassam 1979) debido a la disminución de la producción de carbohidratos y el aumento del ABA.

La fase II, que es la de más larga duración, está caracterizada principalmente por la expansión celular, aunque al inicio de la fase II ocurre división celular de la piel (epidermis, hipodermis y flavedo) (Laskowski et al. 2006). Es el período de máximo crecimiento de la fruta donde ocurren los cambios morfológicos, anatómicos y fisiológicos (Agustí et al. 2003). A diferencia de la fase I en la cual el impacto más importante de un déficit hídrico sería sobre el cuaje y, consecuentemente, el número de

frutos, un déficit hídrico en fase II repercutiría principalmente sobre el tamaño y calidad del fruto. Tanto Agustí et al. (2003) como García-Tejero et al. (2010b) han observado que un déficit hídrico (cercano a -1MPa) en naranja cv. Navelina durante fase II disminuye el tamaño del fruto con cambios en parámetros de calidad, como un aumento de sólidos solubles o acidez titulable.

En la fase III o madurez el crecimiento se detiene y los frutos se someten a un proceso de maduración no climatérico (Tadeo, 2008). El contenido en sólidos solubles, sobre todo azúcares, aumenta, mientras que los ácidos libres (acidez titulable) disminuyen progresivamente como consecuencia de un proceso de dilución (Agustí et al. 2003). Los parámetros de calidad, que comenzaron a definirse durante la fase II, se terminan de definir en esta fase de madurez del fruto. Los parámetros considerados en la calidad de la fruta cítrica están relacionados a características físicas como ser: tamaño (diámetro mínimo y máximo de comercialización), color, número de semillas, espesor de cascara, uniformidad y % de fruta dañada. La fruta que se destina a exportación corresponde a los calibres 3 (entre 77.5 y 86mm) y 4 (70 a 74 mm), siendo la de mayor calidad y valor comercial la de calibre 3. Calibres superiores (5 y 6) implican fruta muy chica y calibres inferiores (1 y 2) implican fruta demasiado grande, por lo que su valor es menor y se destinan a mercado interno. También la calidad está definida según las propiedades químicas de la fruta como ser: sólidos solubles, índice de acidez, y ratio (Iglesia et al. 2007). La acidez titulable es una variable que tiene importancia en la búsqueda de calidad de fruta fresca y que varía entre 2 y 0.5 siendo óptimos a cosecha los valores cercanos a 1 para naranjas valencias de la región del noroeste argentino. Un déficit hídrico en naranjo durante este período mejoró la calidad del jugo (García-Tejero et al. 2010a), la concentración de sólidos solubles y la acidez titulable (Pérez-Pérez et al. 2009) sin cambiar el índice de madurez.

En la zona de producción de las Yungas en Jujuy las precipitaciones ocurren de noviembre a marzo, mientras que los meses de junio a septiembre las precipitaciones son en promedio de 48 mm con un marcado déficit hídrico (ETo acumulada de esos meses 450 mm). Es por ello que bajo condiciones de producción sin aporte de agua por riego, las etapas de diferenciación floral, floración y la fase I de crecimiento del fruto ocurren bajo condiciones de déficit hídrico. Más aún, en los últimos 10 años (2000-2010) debido al retraso en el inicio de las precipitaciones estivales también se vio afectado los primeros 2 meses de la fase II donde se presentaron condiciones de escasa disponibilidad hídrica. Es por ello que analizar el impacto del riego suplementario durante el inicio de la fase II del crecimiento del fruto en naranja Valencia sobre el tamaño a cosecha permitirá contar con herramientas que brinden información para la toma de decisiones acerca del momento más adecuado para la utilización de la escasa agua disponible para riego.

La naranja Valencia Late es la variedad de naranja más cultivada en Argentina y en muchos lugares del mundo. En la localidad de Yuto representa casi el 77% de la superficie implantada (INTA 2014) Al ser una variedad masivamente cultivada surgieron a lo largo del mundo diferentes clones, entre los cuales se encuentra el clon Tajamar encontrado en las plantaciones de la localidad de Libertador General San Martín, Provincia de Jujuy (Foguet 2012). La fruta es de tamaño mediano, de forma redondeada, de cascara lisa y color anaranjado uniforme. El jugo es abundante, de buen sabor, es común encontrar de 2 a 4 semillas por fruta. Es una fruta de maduración tardía. La naranja Valencia Late es una variedad con tendencia a la vecería (Anderson et al. 1996), pero su clon Tajamar posee una diferenciación en este patrón mostrando regularidad en producción y fruta de mayor tamaño. La variedad en estudio esta injertada sobre Citrange Troyer (híbrido entre *Poncirus trifoliata* y *Citrus sinensis*), que

es un portainjerto sensible a la salinidad y posee una buena compatibilidad con variedades de naranjo dulce. Las variedades injertadas sobre este patrón presentan una excelente calidad de fruta, maduración adelantada y, en general, buena productividad (Palacios 2005).

Las respuestas sobre el rendimiento dependen de la intensidad de estrés y del estado fenológico del cultivo (García-Tejero et al. 2010a, Ballester et al. 2011). A pesar de las numerosas investigaciones sobre la respuesta de los cítricos al déficit hídrico, la mayor parte de estos estudios provienen de regiones del Mediterráneo, donde las precipitaciones ocurren en el invierno. Por este motivo es escasa la información acerca de las posibles consecuencias del déficit hídrico durante la diferenciación floral y la floración. Esta información es de importancia para un mejor conocimiento del manejo del agua sobre los cítricos. Uno de los aspectos que esta investigación pretende dilucidar, es el comportamiento de la naranja variedad Valencia sobre pie Citrange Troyer frente a un riego suplementario aplicado en distintas etapas fenológicas del cultivo, para poder ajustar los momentos de riego con el fin de lograr una mayor productividad y calidad de la fruta producida. El desafío es lograr una mayor eficiencia en el uso del agua, para lograr un mayor número y tamaño de frutos a cosecha.

1.3: Objetivo general: “Evaluar el efecto de la aplicación de riego suplementario aplicado en dos momentos del ciclo anual sobre los componentes del rendimiento de naranja var. Valencia Late injertado sobre Citrange Troyer”. En otras palabras, el objetivo de la tesis era evaluar si ante una situación de escasa agua disponible para riego resulta más efectivo, en términos de rendimiento y calidad del producto obtenido, aplicar el agua disponible entre julio y septiembre o entre octubre y noviembre.

Pretendiendo de esta forma actuar sobre el número de frutos o el tamaño y calidad de los mismos.

1.3.1 Objetivo específico 1: Evaluar la respuesta de los componentes del rendimiento a la aplicación de un riego suplementario durante julio-septiembre, coincidente con la diferenciación floral, floración y cuaje.

Hipótesis 1.1: Una mayor disponibilidad hídrica durante diferenciación floral modifica el tipo de inflorescencia, favoreciendo aquellas con hojas y por lo tanto modifica la probabilidad de cuaje. Por otro lado, la mayor disponibilidad hídrica durante floración-cuaje determina un mayor número de frutos cuajados..

Predicción: Un riego suplementario durante julio-septiembre mejora la calidad de inflorescencias abiertas a floración y el número de frutos cuajados. Esto es debido a que una mayor disponibilidad hídrica durante diferenciación floral cambia la relación entre inflorescencias con hojas y sin hojas, favoreciendo aquellas con hojas que aumentan la probabilidad de cuaje. A su vez una mayor disponibilidad hídrica durante floración-cuaje contribuirá a una menor abscisión de órganos florales y frutos formados modificando el número de frutos cuajados. La aplicación de un riego suplementario en las primeras etapas del desarrollo reproductivo impacta sobre el rendimiento a cosecha modificando la eficiencia del uso del agua total (riego + precipitación) y la eficiencia del uso del agua de riego.

1.3.2 Objetivo específico 2: Evaluar la respuesta de los componentes del rendimiento a la aplicación de un riego suplementario durante octubre- noviembre, coincidente con el inicio de la fase II de crecimiento del fruto.

Hipótesis 2.1: Una mayor disponibilidad hídrica en el inicio de la fase II de crecimiento de fruto aumenta tanto el volumen celular como la división en aquellas partes del fruto donde el proceso todavía ocurre; ambos efectos contribuyen a un mayor tamaño final del fruto.

Predicción Un riego suplementario durante octubre-noviembre incrementa el tamaño de frutos a cosecha, El inicio de la fase II de crecimiento de fruto se caracteriza por un rápido aumento de tamaño de los frutos, debido a un aumento del volumen celular y una división celular todavía activa en algunas partes del fruto. Pasada esta etapa de rápido crecimiento las células siguen aumentando su volumen hasta la definición del tamaño final. Un tamaño mayor de frutos se relaciona con un aumento de la calidad del producto cosechado al lograr calibres destinados a exportación. Un estrés hídrico durante la fase II de crecimiento de fruto genera cambios en la calidad de la fruta como un aumento de los sólidos solubles ó de la acidez titulable.

Capítulo 2: Materiales y Métodos

2.1. Material vegetal, condiciones experimentales y tratamientos de riego:

El estudio se realizó en un monte de 8 años de edad de naranja cv. Valencia Late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), injertado sobre Citrange Troyer (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* Raf.) en la localidad de Yuto (23°38'S; 64° 28'O), Provincia de Jujuy, Argentina, a una altitud de 349 msnm (Fig. 1). El suelo es Argiustol típico, con elevada pedregosidad y presencia de minerales illíticos poco expansibles. Los principales parámetros físicos y químicos se expresan en el cuadro 1. Los árboles fueron plantados a una distancia de 7 m x 5 m, al inicio del experimento tenían una altura promedio de 3.6 m y un ancho de copa de 3.4 m, con un diámetro promedio de tronco arriba del injerto de 10 cm.

Cuadro 1: Análisis fisicoquímicos realizados en el Laboratorio de Suelo, Agua y Fertilizantes- LabSAF. Grupo de Recursos Naturales. Estación Experimental Agropecuaria Salta. INTA Cerrillos.

Profundidad de muestreo	Cm	0-20	20-40	40-60	60-80
Arena	(%)	31	29	25	23
Limo	(%)	52	36	40	42
Arcilla	(%)	17	35	35	35
Calificación textural		Franco Limoso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso
Capacidad hídrica de saturación	(%)	37	44	50	50
pH en suspensión suelo-agua 1:2:5		7.9	7.1	7.2	7,7
Conductividad Eléctrica en extracto de saturación (Salinidad)	(mmhos/cm)	0.84	1.16	1.6	1.84
Carbonato de Calcio y Magnesio	(%)	0	0	Conc.Calc.	Conc.Calc.
Carbono Orgánico	(%)	1.2	0.77	0.28	0.57
Materia Orgánica	(%)	2.07	1.33	0.48	0.98
Nitrógeno Total	(%)	0.14	0.09	0.06	0.05
Relación C/N		9	9	5	11
Fósforo “Extractable”	(p.p.m)	43	14	8	3
Sodio Intercambiable	(meq/100g)	1.1	1.8	1.7	1.5
Potasio Intercambiable	(meq/100g)	0.38	0.27	0.26	0.27
Calcio Intercambiable	(meq/100g)	12	15.1	n.d.	n.d.
Magnesio Intercambiable	(meq/100g)	5	4.6	n.d	n.d
Cloruro Soluble en el Extracto de saturación	(meq/l)	<15	<15	<15	<15
Cloruro Soluble en el Extracto de saturación, Referido a suelo seco	(p.p.m.)	<60	<60	<60	<60

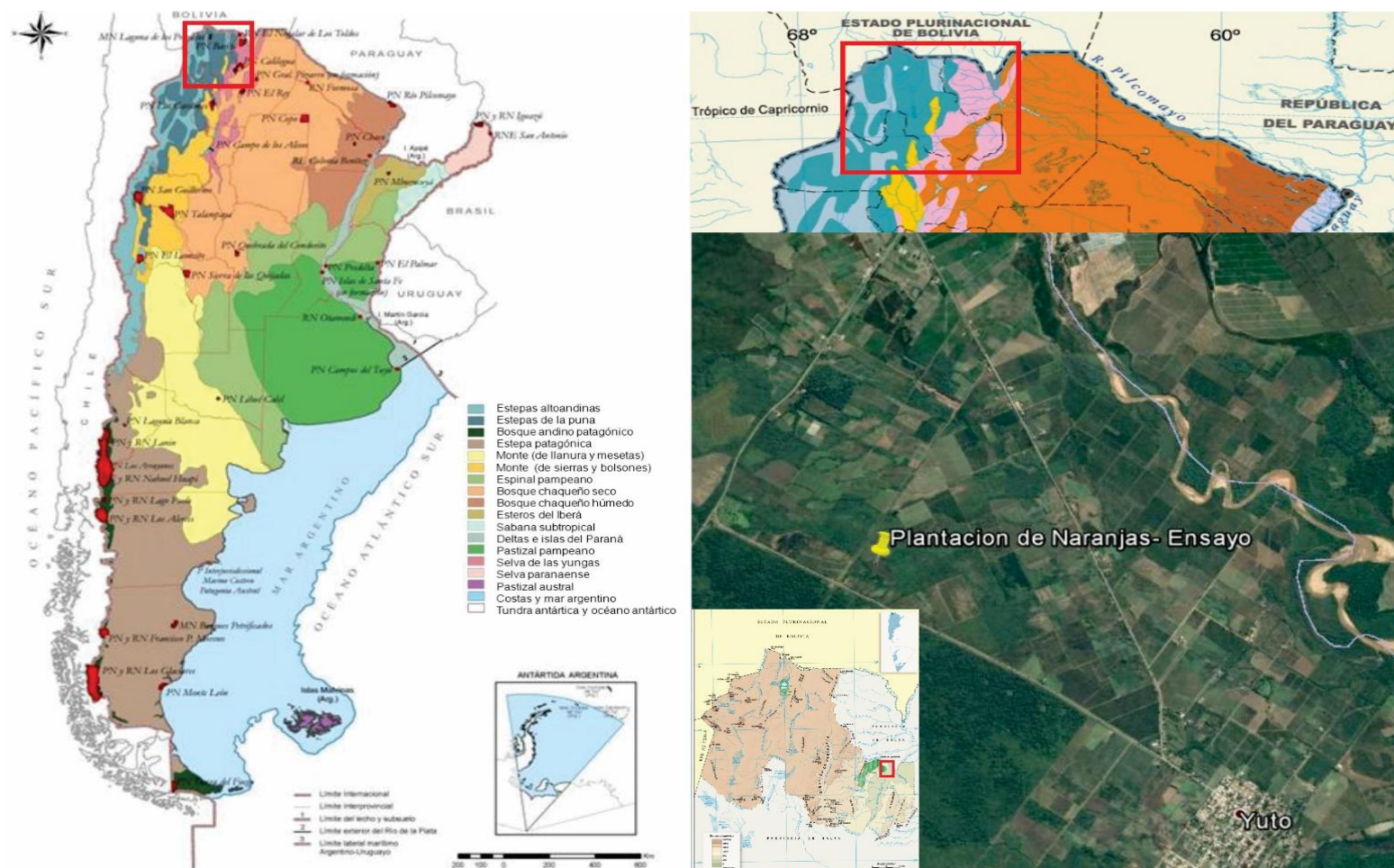


Fig 1: Ubicación del ensayo: Finca comercial de naranja cv. Valencia Late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) en la localidad de Yuto (23°38'S; 64° 28'O), Provincia de Jujuy, Argentina, a una altitud de 349 m s n m.

Los tratamientos aplicados durante las temporadas de crecimiento 2013-2014 y 2014-2015 (Fig.2), fueron: a) Control regado (CON): testigo con riego desde julio a noviembre; b) Riego suplementario de julio a septiembre: (RS1), c) Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) , (i.e., se comenzó a regar una vez pasada la caída fisiológica); y d) Sin riego (SR): no regado durante la aplicación de los tratamientos desde julio a noviembre. La dosis de riego a aplicar se calculó sobre la base de datos históricos mensuales (años 2001 a 2012) de evapotranspiración potencial (ET_o) obtenidos con la estación meteorológica de INTA Yuto. Este valor se multiplicó por un coeficiente de cultivo dependiente del momento del ciclo anual (ver punto 2.2) para estimar la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la dosis de riego para cubrir el 100% de las necesidades hídricas. Posteriormente se calcularon las dosis efectivamente aplicadas para cada año y tratamiento sobre la base de los datos de ET_o medidos durante el experimento. Con esto se estimó el porcentaje de la ET_c aplicados para cada período de tratamiento y año de ensayo. Para el período julio-septiembre el % de la ET_c efectivamente aplicados (i.e., riego + precipitación) fueron 56.51% en CON y RS1 para el año 2013-2014, y 82.45% en CON y RS1 para el año 2014-2015. Para el período octubre-noviembre el % de la ET_c efectivamente aplicados fueron 90.72% en CON y RS2 para el año 2013-2014, y 88.69% en CON y RS2 para el año 2014-2015. Entre el 1 y el 15 de diciembre se realizaron dos riegos a todos los tratamientos según necesidad con igual cantidad de agua: 13.2 mm primera temporada y 6.6 mm la segunda temporada. Esto se realizó para evitar que un estrés hídrico severo genere una segunda floración y para evitar que el cambio de condición hídrica (comienzo del período de lluvia) sea abrupto y provoque una caída de los frutos ya cuajados. Esta práctica es común en la zona. En todos los caso, el riego fue suprimido cuando comenzó la temporada de lluvias, pasado el 15 de diciembre.

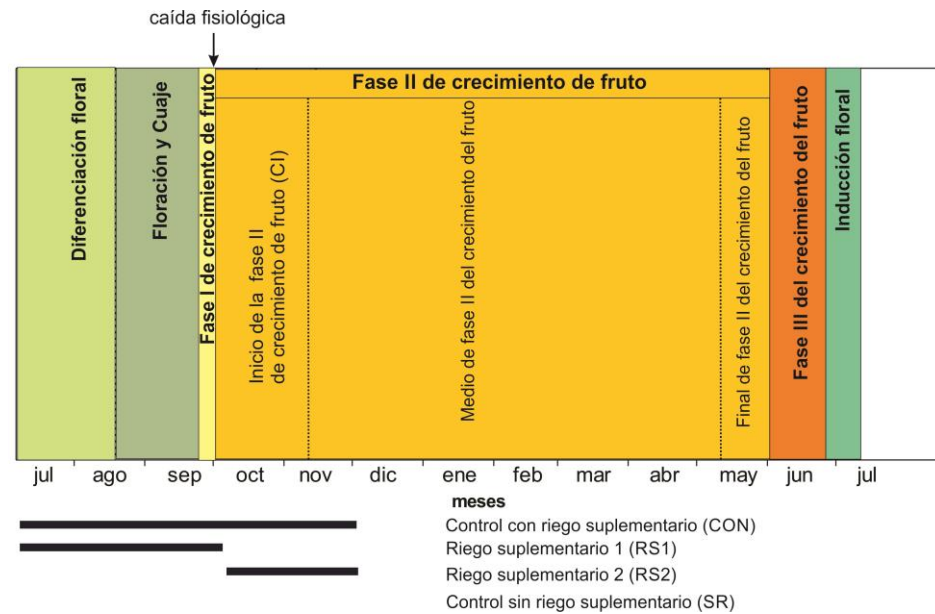


Fig. 2: Esquema de aplicación de los tratamientos según estadio fenológico y meses

El diseño estadístico fue de bloques completos aleatorizados con 5 repeticiones, con 4 parcelas cada uno correspondientes a los tratamientos. El bloqueo se realizó en función a la pendiente del lote. Cada parcela contó con un total de 4 árboles donde las mediciones se realizaron en las 2 plantas centrales. El tamaño de cada parcela fue de 140 m^2 . Se utilizaron dos líneas de goteros a ambos lados de la línea de plantación, totalizando 4 goteros por planta (2 litros/hora) a una distancia de 1 metro entre ellos. El riego se aplicó según los datos climáticos de la zona del ensayo.

2.2 Evapotranspiración

Para el análisis de la evapotranspiración se tomaron en cuenta tres conceptos, el primero abarca el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o) para la zona

según las condiciones predominantes de la Localidad de Yuto, luego se calculó la evapotranspiración del cultivo (ET_c) .

2.2.1 Evapotranspiración de referencia:

Los datos meteorológicos para el cálculo de evapotranspiración de referencia (ET_o) fueron obtenidos de una estación meteorológica automática (Davis Instrument Vantage Pro 2, USA) localizada a 1 km del ensayo, calculada a través de Penman-Monteith (Allen et al 2006 Fao 56) diariamente.

2.2.2 Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

según la fórmula:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad \text{ecuación 1}$$

Los coeficientes de cultivo (K_c) aplicados fueron de 0.75 (floración-cuaje) y 0.70 (crecimiento vegetativo) (Allen et al. 2006).

2.3 Dinámica del agua en el suelo:

2.3.1 Contenido hídrico gravimétrico:

El estado hídrico del suelo se determinó en forma gravimétrica usando un barreno. Las muestras se tomaron pasado un día luego de aplicado el riego, a 0.50 m del gotero en la proyección de la copa y a diferentes profundidades. Una vez llegado al laboratorio la muestra se pesó y luego se secó a estufa a una temperatura de 105 °C hasta llegar a un peso constante. Se realizaron análisis de suelo a profundidades de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 (Cuadro 1). Con los datos obtenidos se calculó la disponibilidad del agua por cada profundidad.

2.3.2 Contenido hídrico volumétrico:

Para el cálculo del contenido hídrico volumétrico se multiplicó los valores de humedad gravimétrica calculada anteriormente por la densidad aparente de cada una de las profundidades. La densidad aparente fue determinada analíticamente para las profundidades 0-20 y 20-40 cm, siendo 0.89 y 1.12 g cm⁻³ respectivamente. El resto de las profundidades fue determinada según propiedades del suelo establecido por Grassi, (1998), donde para las texturas franco arcilloso (profundidad 40-60 y 60-80), la densidad aparente es de 1.35 g cm⁻³ (Anexo 1).

Con los datos de contenido hídrico volumétrico (%) se calculó el porcentaje de agua extraíble (REW%) según la fórmula (Fernandez et al, 1997):

$$REW [\%] = (R - R_{min}) / (R_{max} - R_{min}) \quad \text{ecuación 2}$$

Donde, R es el contenido hídrico volumétrico actual, R min es el valor mínimo del contenido hídrico volumétrico medido en el período de ensayo, y R max es el máximo valor de agua en el suelo a capacidad de campo. El mínimo contenido volumétrico observado se usó como estimador del punto de marchitez permanente. Este concepto se relaciona al de agua disponible para las plantas (PAW) con la diferencia que el contenido volumétrico actual en REW(%) se relaciona con el mínimo contenido hídrico volumétrico medido en el ensayo, mientras en PAW tanto el mínimo como el máximo contenido volumétrico están relacionado con las propiedades físicas del suelo (Sadras y Milroy 1996).

2.4 Estado hídrico de las plantas:

Para conocer el estado hídrico de las plantas se midió el potencial agua xilemático al mediodía (ψ_{md}) utilizando una cámara de presión tipo Scholander (INTA -

ASSI, Córdoba). Las mediciones se realizaron al mediodía utilizando brotes terminales con 4 hojas expandidas maduras del exterior de la canopia. A dichos brotes se los dejó 1 hora en bolsas herméticas y con papel aluminio previo a las mediciones con el fin de equilibrar el potencial agua de la hoja a aquel del xilema (Pérez Pérez 2008b). Debido a que no se contó con bomba de Scholander en las primeras fechas de medición, para completar los valores se estableció una relación entre potencial agua xilemático al mediodía (ψ_{md}) y REW% (Anexo 5).

2.5 Mediciones del árbol

Durante el período de ensayo, se midió la altura del árbol (h), diámetro de la canopia (d), los radios promedios de la canopia (r), despegue o altura de la canopia (d), diámetro antes de injerto (i) y después de injerto (n) de los dos árboles centrales por cada parcela. Se calculó el volumen de copa (m^3) utilizando la ecuación de la semiesfera (Pérez et al. 2005)

$$V = (2/3) \times \pi \times \text{altura} \times \text{radio de copa}^2 \quad \text{ecuación 3}$$

Las medidas de volumen se utilizaron en los cálculos de productividad por unidad de volumen y superficie. A su vez se evaluaron las posibles relaciones entre los componentes de rendimiento y las medidas de tamaño del árbol.

2.6 Floración

Se evaluó la cantidad de flores e inflorescencias formadas, tipo de inflorescencia, fruto (número de frutos cuajados, número de frutos caídos). Las observaciones florales fueron realizadas según la metodología de Garran et al. (1993) para fenología de plantas cítricas. En las dos plantas centrales de cada parcela se subdividió cada planta en los cuatro puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste) y tres

alturas (< 0.5 m, 0.50- 1.5 m, y >1.50 m). Dentro de cada uno de estos 12 sectores se seleccionó una rama terciaria. En la rama seleccionada se determinó la cantidad de flores y tipo de inflorescencia formada dentro de los 50 cm terminales.

2.7 Cuaje

Los frutos cuajados se evaluaron sobre las ramas marcadas en floración (Castel y Buj 1990) y se midió cada 7 días el número de frutos cuajados desde el estadio F7 (Garran et. al 1993) representado por el cambio de color de un verde claro a un verdoso oscuro, coincidente con una disminución de la caída fisiológica de frutos. Para la determinación del % de cuaje según tipo de inflorescencia se marcaron 20 inflorescencias de cada tipo por árbol y se siguió su evolución hasta el cuaje.

2.8 Tamaño inicial de fruto y tasa de crecimiento

Una vez finalizada la caída fisiológica de frutos, se recolectaron 20 frutos por árbol de los dos árboles centrales de cada tratamiento de los cinco bloques, se pesaron individualmente y luego se los llevó a estufa a una temperatura de 65°C hasta peso constante. De esta forma se cuantificó el peso inicial de los frutos. Luego, se realizó un seguimiento del crecimiento de los mismos en forma no destructiva siguiendo la metodología planteada por Pérez-Pérez et al. (2008b). Para ello, semanalmente se midió el diámetro ecuatorial de 4 frutos por cuadrante, llegando a un total de 16 frutos por árbol de los 2 árboles centrales de cada tratamiento. Mensualmente se cosecharon 5 frutos por árbol, se los pesó en fresco y luego se los llevó a estufa a una temperatura de 65°C hasta peso constante. Con esos datos se evaluó el incremento en volumen, contenido de agua y peso seco de los frutos.

Se calculó la tasa de crecimiento absoluto (TCA) del fruto según la ecuación:

$$\text{TCA (mm día}^{-1}\text{)} = (M2 - M1)/(t2 - t1) \quad \text{ecuación 4}$$

M: valor del parámetro de crecimiento medido al tiempo 1 (t1) y tiempo 2 (t2) en días.

2.9 Rendimiento y sus componentes

Anualmente se cosecharon en el mes de junio los dos árboles centrales de cada tratamiento de los cinco bloques. Se midió el número, tamaño y peso de los frutos. Se calculó el rendimiento por volumen de copa, por superficie y por área seccional del tronco del árbol, para estimar la partición o redistribución según Pérez-Pérez et al. (2008b). Una vez finalizada la cosecha de la segunda temporada, se recolectaron 20 frutos por árbol de los dos árboles centrales de cada tratamiento de los cinco bloques, se pesaron individualmente y luego se los llevó a estufa a una temperatura de 65°C hasta peso constante.

2.10 Calidad de fruto

Se midió el número de frutos por calibre o diámetro ecuatorial de la cosecha anual realizada en el mes de junio. Los frutos fueron seleccionados individualmente por una canaleta tamañadora, de cada una de las parcelas. Se expresó el rendimiento en % de calibre comercial según lo establecido para la comercialización de naranja (Anexo 4)

Se seleccionaron 10 frutos por parcela para análisis de calidad de jugo. Los frutos fueron seleccionados al azar. Para la preparación de la muestra se siguieron los procedimientos establecidos para el análisis de fruta cítrica según resolución 145/83-SAGPYA, en la cual se establece que el porcentaje de jugo se extraerá con un exprimidor manual el jugo de no menos de veinte mitades de la fruta en estudio. Luego se procedió al colado del jugo utilizando un colador redondo de 10 centímetros de

diámetro, de malla metálica de aproximadamente 1 milímetro de separación entre alambres. Se midió el jugo resultante en un vaso graduado y se obtuvo el dato en centímetros cúbicos. El porcentaje de jugo se estableció multiplicando por 100 los centímetros cúbicos de jugo y dividiendo ese producto por el peso total de las frutas de la muestra. Se midieron los sólidos solubles en grados Brix, acidez, n° de lóculos, número de semillas y color. Los grados Brix se midieron mediante un refractómetro digital (Pallette PR 32, Atago, Japón) de rango 0-50 °Brix con precisión de 0.1°Brix. La acidez se determinó mediante titulación de 10 ml de jugo con hidróxido de sodio 0.1 N y fue expresada en %. Se calculó el índice de madurez (IM) como el cociente entre los sólidos solubles y la acidez titulable.

El color se determinó en 3 puntos ecuatoriales mediante un colorímetro (CR 300, Minolta, USA). El CIE (Commission Internationale de l' Eclairage) clasifica color según tres dimensiones; el brillo (L^*) , color entre rojo y verde (a^*), y color amarillo a azul (b^*), denominadas coordenadas de cromaticidad (Cortés et al. 2008). El índice de color externo (ECI), también denominado índice de color (IC) se calculó según la fórmula

$$ECI \text{ ó } IC = a^* \times 10^3 \times (L \times b^*)^{-1} \quad \text{ecuación 5}$$

Según los valores de Índice de Color (IC) o índice de color externo (ECI) se determinaron coloraciones siguiendo la metodología de la cartilla de color para nuestra región, donde los valores inferiores a -7 representan una coloración verde, valores comprendidos entre -7 a 0 indican coloraciones verde amarillento, naranja pálido de 0 a +7 y valores superiores a +7 indican coloraciones naranjas que aumentan en intensidad al aumentar el IC o ECI (Bello et al, 1981).

2.11 Eficiencia del uso del agua

Se calculó la eficiencia del uso del agua total (EUA Total) y la eficiencia del uso del agua regada (EUA regada) para ambas temporadas. Se definió a la EUA total como el cociente entre el rendimiento (kg m^{-3} de copa) y la cantidad de agua aplicada por riego más precipitaciones (mm). Se definió la EUA regada como el cociente entre el rendimiento (kg m^{-3} de copa) y la cantidad de agua aplicada por riego solamente (mm)

2.12 Análisis estadístico

Modelos lineales mixtos con medidas repetidas en el tiempo: se analizaron mediante estos modelos las siguientes variables: a) agua relativamente extraíble del suelo REW, b) potencial hídrico xilemático (MPa), c) incremento del diámetro del fruto (mm día^{-1}), y d) diámetro del fruto desde floración (mm). Los efectos fijos considerados fueron: tratamiento de riego (i.e., CON, RS1, RS2 y SR), días desde inicio del tratamiento, y la interacción entre el tratamiento y los días desde inicio del tratamiento. Efecto Bloque fue considerado como aleatorio. Se consideraron diferencias significativas aquellas con un valor de p menor o igual al 5%. En todos los casos el test de separación de medias Test de LSD Fisher (Anexo 3).

Regresión no lineal: se estableció una relación bilineal entre el potencial hídrico xilemático y REW, analizada mediante regresión no lineal (Anexo 4), siendo el potencial hídrico xilemático la variable dependiente y REW la variable regresora.

ANOVA: se analizó mediante ANOVA las siguientes variables a) tipo de inflorescencia (solitarias 2013-14, multiflora con hojas 2013-14), b) cuaje (# frutos/inflorescencias X100), c) cuaje por tipo de inflorescencia 2014-15 (multiflora con hojas, solitarias), d) tamaño inicial de fruto (peso inicial del fruto 2013-14, diámetro inicial del fruto 2013-14, altura inicial del fruto 2013-14, peso inicial del

fruto 2014-15, diámetro inicial del fruto 2014-15, altura inicial del fruto 2014-15), e) rendimiento y sus componentes (rendimiento por volumen de copa, número de fruta por volumen de copa, peso de fruta a cosecha) f) peso seco de fruto (g/fruto), g) calidad de fruto (sólidos solubles- °Brix- 2013-14, sólidos solubles- °Brix- 2014-15, sólidos solubles comparación entre años, índice de madurez 2013-4 , índice de madurez 2014-15, índice de madurez comparación entre años, índice de color comparación entre años, espesor de cascara 2013-14, espesor de cascara 2014-15, espesor de cascara comparación entre años, número de gajos 2013-14, número de gajos 2014-15, número de gajos comparación entre años, número de semillas 2013-14, número de semillas 2014-15, número de semillas comparación entre años, % de jugo 2013-14, % de jugo 2014-15, % de jugo comparación entre años), h) eficiencia del uso del agua total (riego + precipitaciones) : EUA total, según el modelo

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{ecuación 6}$$

donde

y_{ij} es la variable respuesta [a) tipo de inflorescencia (solitarias 2013-14, multiflora con hojas 2013-14), b) cuaje (# frutos/inflorescencias X100), c) cuaje por tipo de inflorescencia 2014-15 (multiflora con hojas, solitarias), d) tamaño inicial de fruto (peso inicial del fruto 2013-14, diámetro inicial del fruto 2013-14, altura inicial del fruto 2013-14, peso inicial del fruto 2014-15, diámetro inicial del fruto 2014-15, altura inicial del fruto 2014-15), e) rendimiento y sus componentes (rendimiento por volumen de copa, número de fruta por volumen de copa, peso de fruta a cosecha) f) peso seco de fruto (g/fruto), g) calidad de fruto (sólidos solubles- °Brix- 2013-14, sólidos solubles- °Brix- 2014-15, sólidos solubles comparación entre años, índice de madurez 2013-4 , índice de madurez 2014-15, índice de madurez comparación entre años, índice de color

comparación entre años, espesor de cascara 2013-14, espesor de cascara 2014-15, espesor de cascara comparación entre años, número de gajos 2013-14, número de gajos 2014-15, número de gajos comparación entre años, número de semillas 2013-14, número de semillas 2014-15, número de semillas comparación entre años, % de jugo 2013-14, % de jugo 2014-15, % de jugo comparación entre años), h) eficiencia del uso del agua total (riego + precipitaciones) : EUA total,] que representa la observación (i)-ésima del bloque (j)-ésimo.

μ : media general

τ_i es el efecto producido por los tratamientos de riego (CON, RS1, RS2, SR) i-ésimo i

β_j : es el efecto producido por el nivel j-ésimo del bloque.

ε_{ij} : error asociado a la observación ij- ésima

Se consideraron diferencias significativas aquellas con un valor de p menor o igual al 5%.(solo Cuaje por tipo de inflorescencia: solitarias, EUA total se consideró p del 10%). En todos los casos el test de separación de medias fue Duncan.

Prueba de Kruskal Wallis: debido a que se rechazó el supuesto de distribución normal ($p < 0.05$) según prueba de Shapiro-Wilks (modificado), las siguientes variables fueron analizadas por estadística no paramétrica mediante la prueba de Kruskal Wallis: a) tipo de inflorescencia (solitarias 2014-15, multiflora sin hojas 2013-14, multiflora sin hojas 2014-15, multiflora con hojas 2014-15), b) calidad de fruto (rendimiento por calibre comercial -mercado interno superior 86mm- 2013-4, rendimiento por calibre comercial -mercado interno superior 86mm- 2014-5, rendimiento por calibre comercial -%calibre 3- 2013-4, rendimiento por calibre comercial -%calibre 3- 2014-

5, rendimiento por calibre comercial -%calibre 4- 2013-14, rendimiento por calibre comercial -%calibre 4- 2014-15, rendimiento por calibre comercial -%calibre 5- 2013-14, rendimiento por calibre comercial -%calibre 5- 2014-15, rendimiento por calibre comercial -%calibre 6- 2013-14, rendimiento por calibre comercial -%calibre 6- 2014-15, acidez titulable 2013-14, acidez titulable 2013-14, acidez titulable comparación entre años, índice de color 2013-14, índice de color 2013-14, 15), c) eficiencia del uso del agua regado (riego) : EUA regado.

Se consideraron diferencias significativas aquellas con un valor de p menor o igual al 5%. (En la variable rendimiento calibre comercial, se consideró p del 10%).

Las pruebas estadísticas fueron provistas por INFOSTAT (Universidad Nacional de Córdoba).

3. Capítulo 3: Resultados

3.1. Condiciones Meteorológicas

La evapotranspiración de referencia (ET_o) durante la primera temporada de ensayo 2013-14 tuvo un valor mínimo de 71 mm.mes⁻¹ registrados en el mes de junio. En ese mismo año la ET_o alcanzó valores de 229 mm.mes⁻¹ registrados en diciembre 2013, disminuyendo nuevamente a partir de febrero de 2014. Para la segunda temporada de ensayo 2014-15 tuvo un valor mínimo de 49 mm.mes⁻¹ registrado en el mes de junio 2014, a su vez alcanzó valores máximos de 165 mm.mes⁻¹ registrado en enero 2015, disminuyendo nuevamente a partir de febrero de 2015 (Fig.3). Es importante notar que para la segunda temporada de ensayo 2014-15, los valores de ET_o fueron de menor magnitud (ET_o 2014-15=1325mm) que los registrados para el primer año (ET_o 2013-14=1695mm).

El año 2013 se caracterizó por registrar elevadas temperaturas y una marcada sequía que se vio reflejada en una precipitación anual de 564 mm siendo el promedio para la región de 862 mm anuales (Anexo 6). A su vez las precipitaciones del año 2014 fueron de 1042 mm anuales, con precipitaciones acumuladas de 18.4 mm en los meses de julio a agosto superando los 3.8 mm acumulados para el mismo período en el año 2013 (Fig. 3).

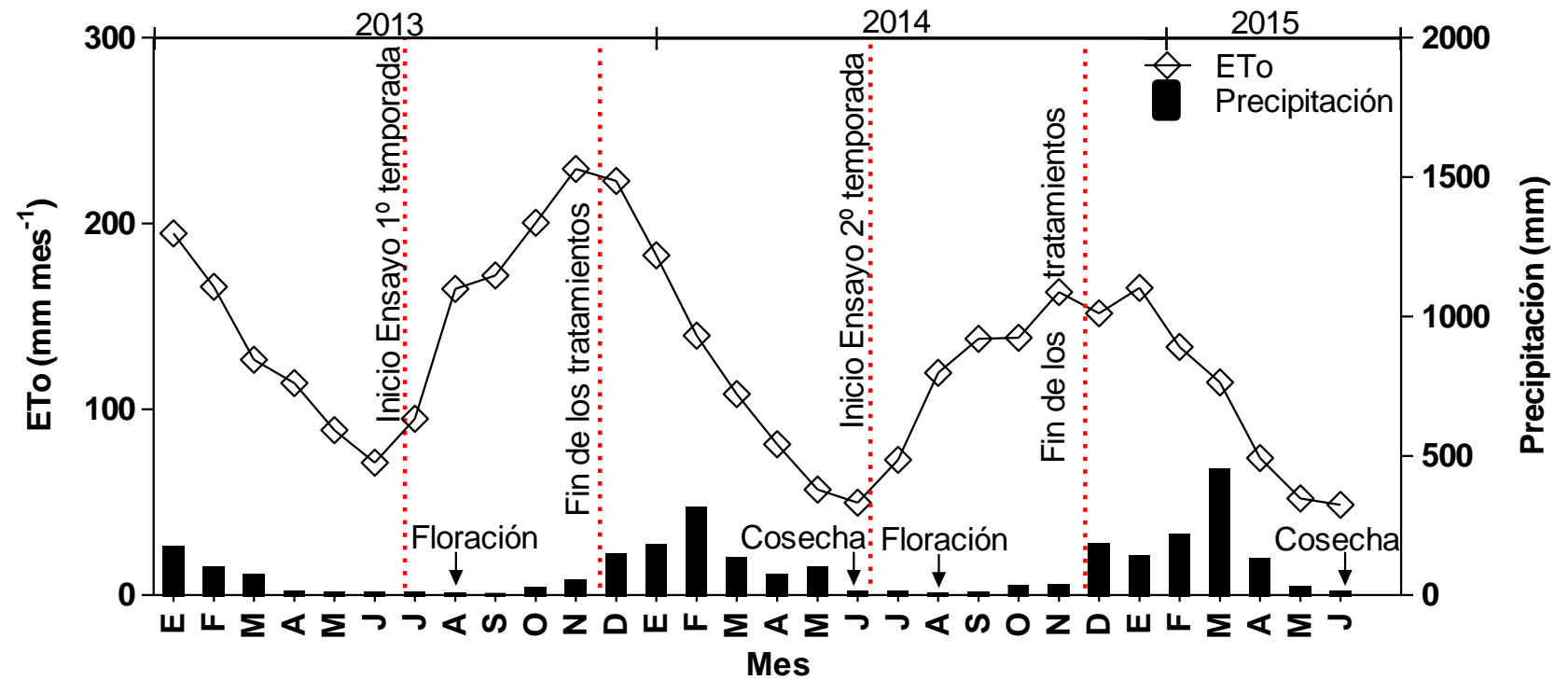


Fig.3: Valores de promedios mensuales de ETo (mm mes⁻¹) y precipitación (mm mes⁻¹) de la primera temporada (año: 2013) y la segunda temporada experimental (año: 2014) hasta finalizar la cosecha (año: 2015) para la localidad de Yuto. Las flechas enteras marcan los periodos de floración y cosecha para cada temporada de ensayo (agosto: floración; junio: cosecha). Las líneas punteadas representan el inicio (julio) y fin del ensayo de riego (fines de julio del año siguiente).

Con respecto a la temperatura, la máxima absoluta mensual alcanzó valores de 44°C en diciembre de 2013 para comenzar a disminuir progresivamente hasta llegar a -3.6°C en julio (Fig. 4). Este patrón se repitió en la temporada 2014-5 pero con registros máximos mensuales menores a 2013. Las temperaturas mínimas absolutas mensuales fueron inferiores durante la primera temporada de ensayo, registrándose para los meses de julio e inclusive agosto temperaturas debajo de 0°C. En cambio, durante la segunda temporada no se registraron valores menores a 0°C. Otro aspecto a considerar se dio con la temperatura media mensual absoluta de los meses de agosto a noviembre en el año 2013 que superaron los valores medios mensuales históricos para lo localidad de Yuto (Anexo 6)

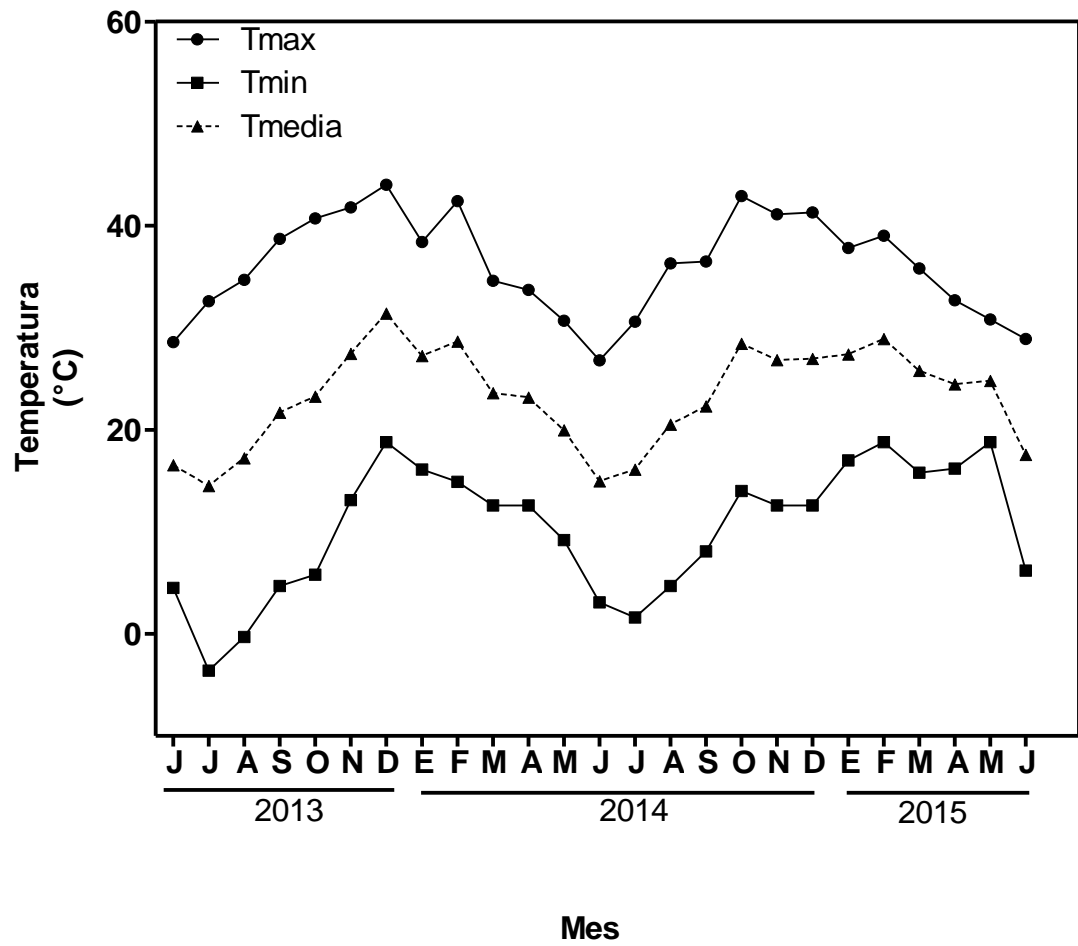


Fig. 4: Temperatura máxima absoluta mensual, media absoluta mensual y mínima absoluta mensual de la primera temporada (año: 2013), y segunda temporada experimental (año: 2014) hasta finalizar la cosecha (año: 2015).

3.2. Agua aplicada

La ETc acumulada varió entre estadios fenológicos y entre temporadas de acuerdo a las variaciones en la ETc diaria y a la duración de la fase considerada (Cuadro 2). Así, la ETc fue máxima durante la fase II del crecimiento de los frutos en ambos años debido a que esta fase es la de mayor duración. La ETc acumulada durante la fase II fue 650 y 544 mm para el año 1 y 2, respectivamente, representando alrededor de 55% del total acumulado durante toda la temporada. A su vez, los valores mínimos se observaron coincidentes con la fase III de crecimiento de los frutos que es de menor duración y en los meses de invierno. Las precipitaciones también fueron mayores durante fase II en ambos años debido con la concentración de las precipitaciones en los meses de verano en la región de las Yungas (Anexo 6). En el caso de las precipitaciones, 93% de las precipitaciones acumuladas cayeron durante la fase II en ambos años.

Los mm de agua aplicados en el control regado también variaron entre etapas fenológicas y años debido a la duración de la etapa, la ETc y las precipitaciones registradas en el período (Cuadro 2). En ambos años la etapa floración y cuaje fue la que recibió mayor aporte de riego alcanzando los 107 mm en la segunda temporada. En cambio, las etapas de diferenciación floral y de crecimiento inicial de fruto no alcanzaron los 100 mm de agua aplicada por riego. Durante la fase II de crecimiento del fruto el aporte de agua por riego fue reducido debido al importante aporte por precipitaciones durante los meses de verano. Durante la fase III no se aplicó riego en ninguna de las dos temporadas del estudio.

Al igual que el control bien regado, los mm aplicados en los tratamientos RS1 y RS2 variaron de acuerdo a la duración de los periodos fenológicos, la ETc y las precipitaciones en

las dos temporadas analizadas. El aporte de riego durante los meses julio-septiembre, de acuerdo al tratamiento RS1, correspondiente a la etapa de diferenciación floral, floración, cuaje y fase I del crecimiento del fruto, fue de 185 y 170 mm para la primera y segunda temporada respectivamente. Mientras que para el tratamiento RS2 durante los meses de octubre y noviembre correspondiente al inicio de la fase II de crecimiento del fruto, alcanzó 97 y 81 mm para la primera y segunda temporada, respectivamente. En el resto de la fase II de crecimiento del fruto el riego acumulado para todos los tratamientos, incluido el SR, fue de 13.2 y 6.6 mm para la primera y segunda temporada, respectivamente. Esto se realizó para evitar que un estrés hídrico severo genere una segunda floración y para evitar que el cambio de condición hídrica (comienzo del periodo de lluvia) sea abrupto y provoque una caída de los frutos ya cuajados. A partir del mes de diciembre el aporte de las precipitaciones logró cumplir con los requerimientos del cultivo, lo que generó una suspensión del riego en todos los tratamientos. Durante la fase III no hubo aportes de riego para ninguno de los tratamientos.

Cuadro 2: ETc (mm), precipitaciones (mm; Pp), y cantidad total de riego aplicado (mm) para cada tratamiento según la fase fenológica, para la primera (año: 2013) y segunda (año: 2014) temporada experimental. Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). También se presentan los mm totales regados y el total de agua aplicada entre riego y precipitación para cada tratamiento.

Temporada	Fase fenológica	Días desde el inicio del ensayo	ETc (mm acumulados)	Precipitación (mm acumulados)	CON (mm acumulados)	RS1 (mm acumulados)	RS2 (mm acumulados)	SR (mm acumulados)
1 (2013-2014)	Diferenciación floral- Floración y cuaje – fase I de crecimiento de fruto (julo-septiembre)	1-85	339	6.6	185	185	0	0
	Inicio de la fase II de crecimiento del fruto (octubre- noviembre)	86-118	166	53.6	97	0	97	0
	Fase II crecimiento fruto (diciembre-mayo)	119-318	650	945.2	13.2	13.2	13.2	13.2
	Fase III crecimiento fruto	319-366	53	15.4	0	0	0	0
	Total regado				295.2	198.2	110.2	13.2
	Total aplicado (riego+ Pp)		1206	1020.8	1316	1219	1131	1034
2 (2014-2015)	Diferenciación floral Floración y cuaje-fase I de crecimiento de fruto (julio-septiembre)	1-78	236	24.6	170	170	0	0
	Inicio de la fase II de crecimiento del fruto (octubre- noviembre)	79-116	138	41.4	81	0	81	0
	Fase II crecimiento fruto (diciembre-mayo)	117-314	544	1031.7	6.6	6.6	6.6	6.6
	Fase III crecimiento fruto	315-375	50	8	0	0	0	0
	Total regado				257.6	176.6	87.6	6.6
	Total aplicado (riego+ Pp)		969	1105.7	1363.3	1282.3	1193.3	1112.3

3.3. Dinámica de agua en el suelo

En las curvas generadas con los valores de agua relativamente extraíble (REW %) se puede observar una diferencia entre los tratamientos que fueron regados entre diferenciación floral y cuaje (CON y RS1) con aquellos que no recibieron riego en esta etapa (RS2 y SR) durante las dos temporadas evaluadas (Fig. 5). El control regado tuvo un mayor % de REW para las dos temporadas, y no manifestó valores menores a 50% REW en ninguna etapa del cultivo para ambas temporadas dado que no hubo suspensión del riego en ningún momento para este tratamiento. Los valores máximos se observaron entre las etapas de floración y cuaje, con una caída de los valores para la fase II de crecimiento de fruto. El tratamiento SR manifestó los valores mínimos de REW, llegando a caer por debajo del 50% REW para ambas temporadas. El valor mínimo fue de 14.6 % y se alcanzó en octubre durante la primera temporada analizada.

Los valores de REW del tratamiento RS1 fueron similares a los valores del CON para las dos temporadas durante los meses de julio a septiembre, pero se diferenció notablemente del tratamiento RS2 y SR durante esas etapas, especialmente en la primera temporada (Fig. 5). En este tratamiento, los valores máximos se alcanzaron nuevamente entre diferenciación floral – floración y cuaje, cuando alcanzó el 100% del REW para la primera temporada. Con una suspensión del riego en la etapa inicial de la fase II de crecimiento del fruto alcanzando valores entre 50 y 65 % REW en ambas temporadas. En el tratamiento RS2 observamos una disminución desde el 70% de REW hasta 14 % durante el período de diferenciación floral hasta cuaje, coincidente con el hecho que no recibía aporte de riego, aumentando hasta 68 % al restablecer el riego durante el inicio de la fase II de crecimiento del fruto, en la primera temporada (Fig. 5A). Debido a las mayores lluvias, en la segunda temporada el valor mínimo

de REW en este tratamiento sólo alcanzó el 43.6% en la etapa de diferenciación floral - floración- cuaje. Con la aplicación del riego alcanzó los 84 % de REW en inicio de fase II y luego se mantuvo en valores superiores al 50% hasta finalizar los tratamientos.

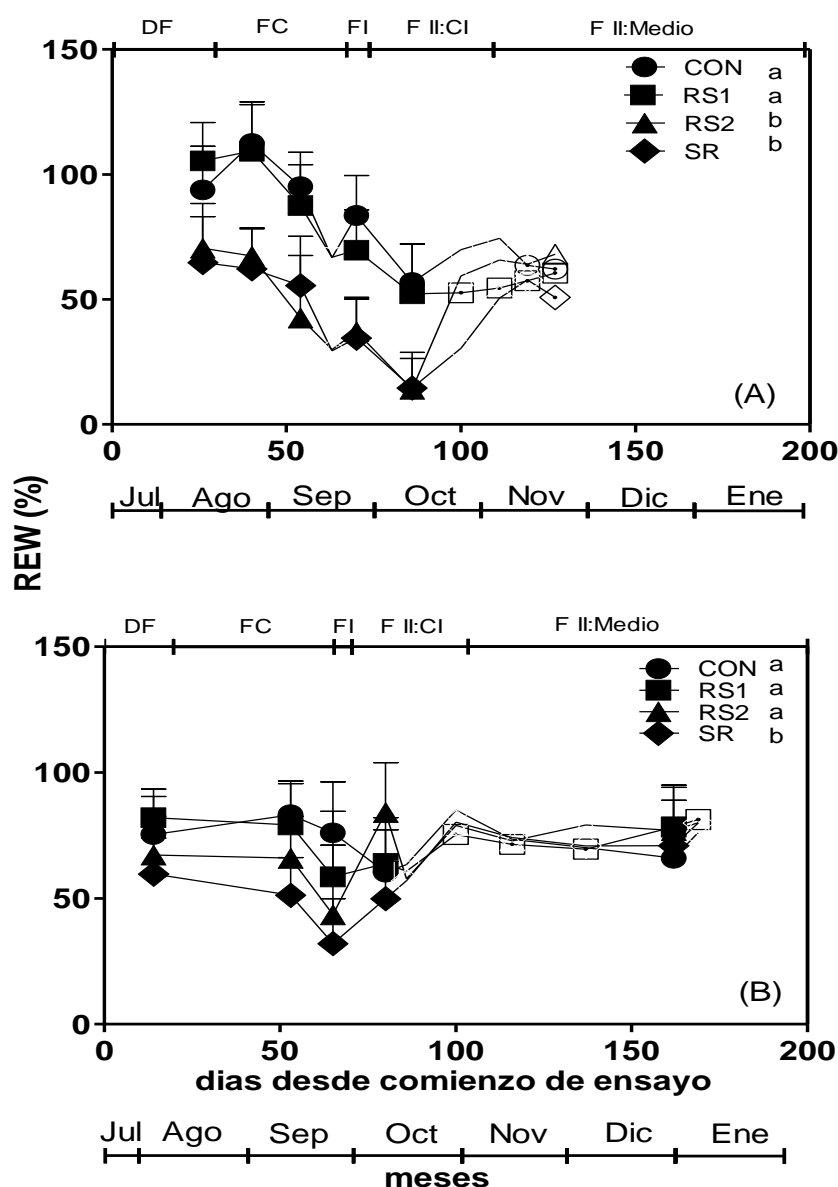


Fig. 5: Agua relativamente extraíble del suelo (REW %) en función de los días desde comienzo del ensayo para la primera temporada experimental (año 2013; A) y la segunda temporada experimental (año 2014; B). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). En la parte superior se indican las etapas fenológicas del cultivo: DF (diferenciación floral); FC (Floración-Cuaje), FI (Fase I de crecimiento de fruto), FII: CI (Inicio de la fase II de crecimiento del fruto), F II: Medio (Medio de la fase II de crecimiento del fruto). Los símbolos llenos indican el promedio + error estándar (n= 5) para cada tratamiento y fecha. Los símbolos vacíos corresponden a valores estimados según ecuación no lineal $y = ((\text{Potencial hídrico xilemático} + 2.15) * (\text{Potencial hídrico xilemático} < -0.5353) / 2.41)$. Número total de parcelas evaluadas= 20.

3.4 Estado hídrico de las plantas:

El potencial agua xilemático al mediodía (ψ_{md}) registró valores entre -0.4 MPa a -1.7 MPa durante la primera temporada de ensayo y entre -0.1 MPa y -1.0 MPa para la segunda temporada de ensayo para el conjunto de tratamientos, en concordancia con las diferencias en ETo y precipitación entre temporadas (Fig. 6). Los valores de ψ_{md} del CON oscilaron entre valores de -0.5 y -0.7 MPa para la primera temporada, mientras que oscilaron entre -0.3 y -0.5 MPa durante la segunda temporada. En el tratamiento SR, el ψ_{md} alcanzó valores menores a -1 MPa durante la primera temporada, registrándose un valor mínimo de -1.7 MPa entre floración- cuaje y el inicio de la fase II de crecimiento del fruto, coincidente con el momento de mayor sequía. Durante la segunda temporada los ψ_{md} fueron mayores, observándose valores de -1.4 MPa solamente durante floración-cuaje e inicio de la fase II (Fig. 6B).

En el tratamiento RS1, los valores fueron similares al CON durante diferenciación floral hasta cuaje (Fig. 6). En la primera temporada los valores fueron cercanos a -0.5 MPa desde diferenciación floral hasta floración-cuaje, llegando a valores cercanos a -1 MPa durante el inicio de la fase II de crecimiento del fruto coincidente con la suspensión del riego. Esta condición se fue modificando lentamente las precipitaciones entrada la fase II de crecimiento de fruto. Este patrón se manifestó nuevamente en la segunda temporada, con la diferencia que el valor en diferenciación floral fue de -0.6 MPa y al suspender el riego el ψ_{md} alcanzado fue de -0.8 MPa. El ψ_{md} recuperó los valores rápidamente con valores entre -0.4 y -0.5 MPa hasta llegar a -0.2 MPa coincidente con las precipitaciones estivales.

Los valores del ψ_{md} del tratamiento RS2 fueron cercanos a -1.6 MPa en etapas de floración y cuaje para la primera temporada, siendo condiciones de estrés similares al

tratamiento SR. Luego de la aplicación del riego en la etapa inicial de la fase II de crecimiento del fruto, los valores para la primera temporada se recuperaron lentamente llegando como valor promedio a un -0.6 MPa. Durante la segunda temporada los valores de ψ_{md} fueron de -0.6 al inicio de diferenciación floral hasta llegar a -1.0 MPa en floración-cuaje. Con la aplicación del riego el ψ_{md} se comenzó a recuperar y se mantuvo entre -0.5 y -0.2 MPa en la fase II de crecimiento del fruto.

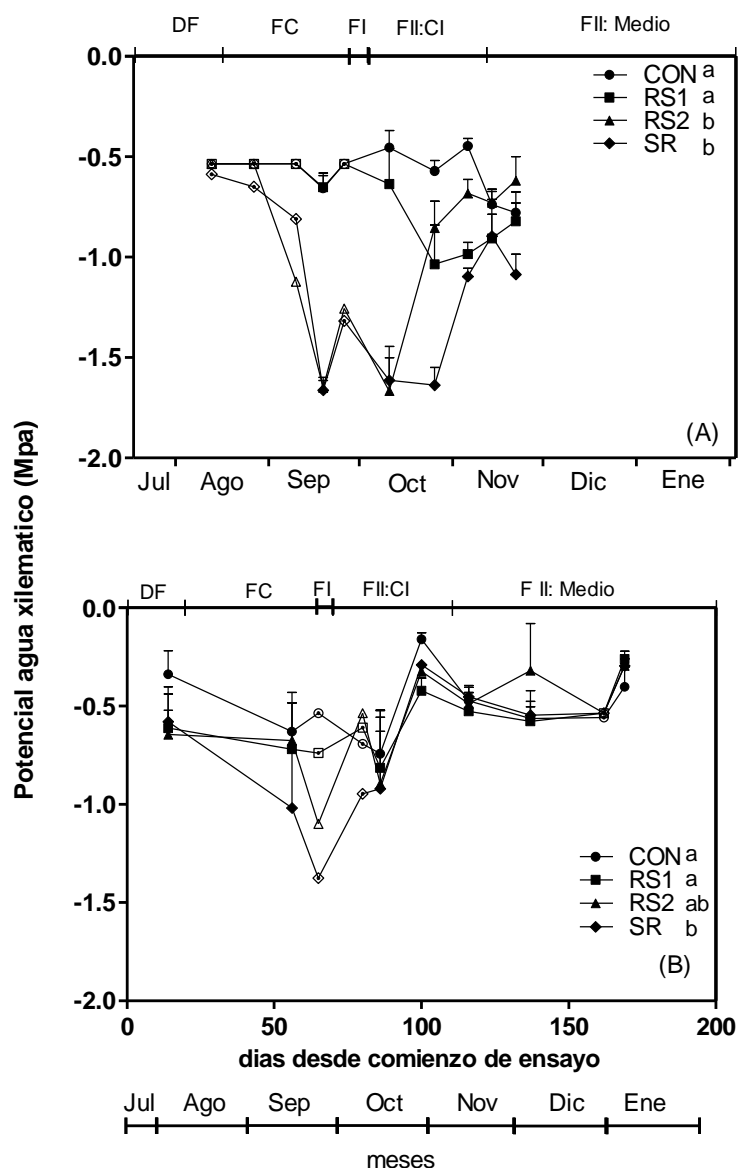


Fig. 6: Potencial agua xilemático (MPa) para la primera temporada experimental (año 2013; A) y para la segunda temporada experimental (año 2014; B). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). En la parte superior se indican las etapas fenológicas del cultivo: DF (diferenciación floral); FC (Floración-Cuaje), F I (Fase I de crecimiento de fruto), F II: CI (Inicio de la fase II de crecimiento del fruto), F II: Medio (Medio de la fase II de crecimiento del fruto). Los símbolos llenos indican el promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Los símbolos vacíos corresponden a valores estimados según ecuación $y = -2.15 + ((2.41 * REW\%)*(REW\% < 0.67)) + ((2.41 * 0.67)*(REW\% \geq 0.67))$. Número total de parcelas evaluadas=20

3.5 Número de inflorescencias y flores solitarias

El número de inflorescencias por cm de rama fue contabilizado según el tipo de inflorescencia o flores solitarias para cada tratamiento de riego aplicado. Las flores solitarias son las que poseen una mayor posibilidad de cuaje, luego le siguen las inflorescencias con hojas y, por último, las inflorescencias sin hojas que prácticamente no cuajan. En términos generales, el número de inflorescencias (incluidas flores solitarias) fue menor en la primera temporada que en la segunda temporada, pasando de 0.03 a 0.15 inflorescencia cm^{-1} de rama en promedio. Sin embargo, este mayor número de inflorescencias de la segunda temporada fue debido a un aumento de inflorescencias sin hojas que pasó de 0.01 a 0.35 en promedio de inflorescencia cm^{-1} de rama en la primera y la segunda temporada, respectivamente.

En ambas temporadas, en el CON y el RS1 tuvieron un mayor número de flores solitarias con respecto a los tratamientos RS2 y SR, aunque las diferencias sólo fueron significativas entre estos últimos respecto de RS1 (primera temporada), y respecto de CON (segunda temporada) (Fig. 7). El número de inflorescencias con hojas fue similar entre tratamientos en ambas temporadas. En cambio, las inflorescencias sin hojas presentaron cerca del doble de inflorescencias en el tratamiento RS2 que en los tratamientos CON y RS1 con valores intermedios para SR en la segunda temporada, aunque la tendencia fue similar en ambas (Fig. 7B).

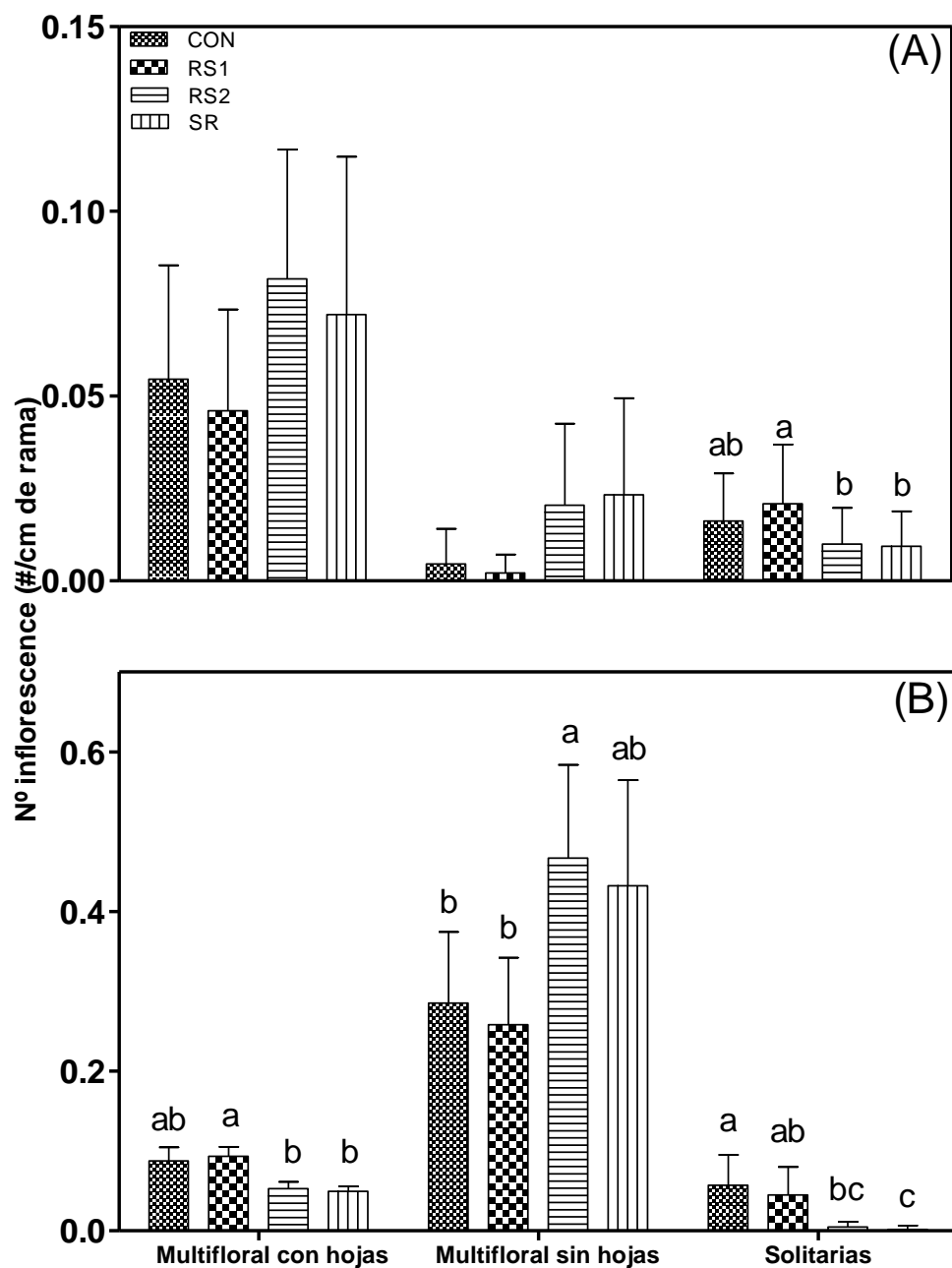


Fig. 7: Número de inflorescencia por cm de rama diferenciado por tipo de inflorescencia (multifloral con hojas, multifloral sin hojas y flores solitarias) para la primera temporada experimental (año 2013; A) y para la segunda temporada experimental (año 2014; B). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y tipo de inflorescencia. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Número total de parcelas evaluadas=20

3.6 Cuaje

El % de frutos cuajados (# frutos/inflorescencias X100) fue mayor en la primera temporada experimental. El % de cuaje mostró diferencias ($p < 0.05$) entre los tratamientos regados de julio a septiembre (CON y RS1) y los no regados durante esa etapa (RS2 y SR) para ambas temporadas (Fig. 8). En ambas temporadas el % de frutos cuajados de los tratamientos que no recibieron riego durante ese periodo (RS2 y SR) fue alrededor del 10%, mientras los tratamientos que recibieron riego (CON y RS1) el % de cuaje en promedio duplicó este valor. No hubo interacción entre tratamientos y año ($p > 0.05$)

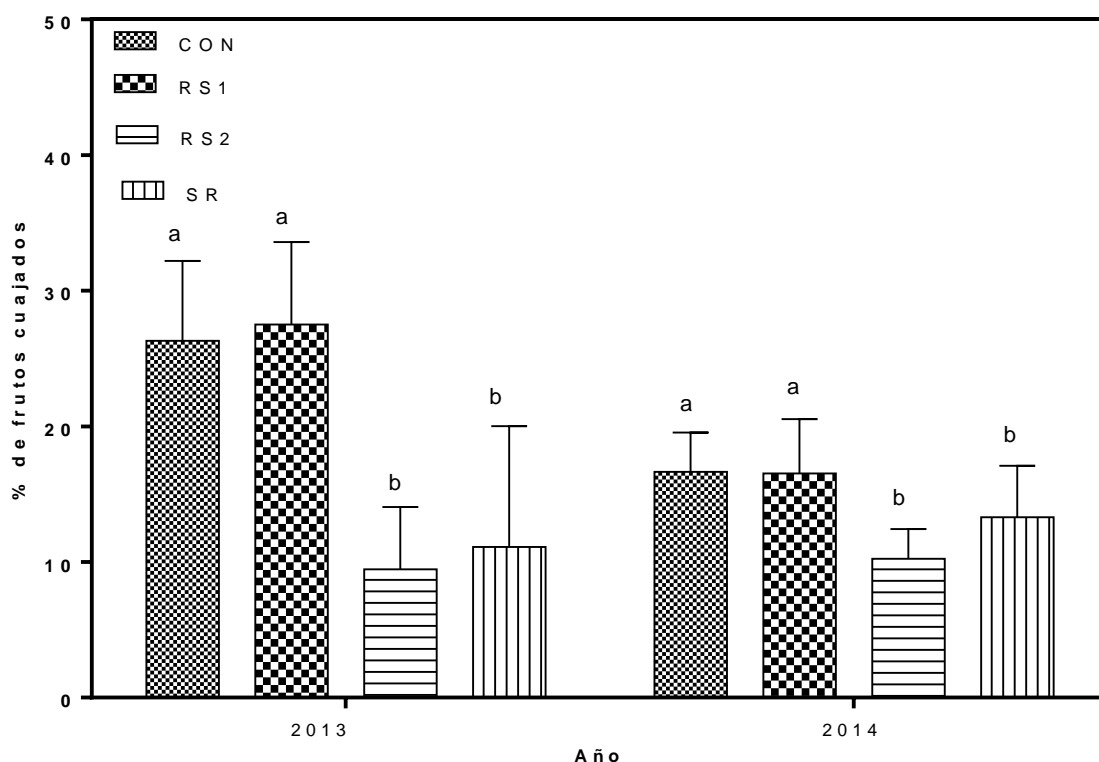


Fig. 8: Porcentaje de frutos cuajados para la primera temporada experimental (año 2013) y para la segunda temporada experimental (año 2014). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Las barras indican promedio + error estándar ($n=5$) para cada tratamiento y fecha. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.05$). No hubo interacción tratamiento x año ($p>0.05$). El efecto individual del factor Año mostró que el porcentaje de cuaje de 2013 fue mayor que el de 2014 ($p<0.05$). Número total de parcelas evaluadas=20.

Durante la segunda temporada analizamos las variaciones en el % de frutos cuajados por tipo de inflorescencia. Observamos una tendencia mayor en el % de cuaje de flores solitarias en el tratamiento CON, con respecto a los tratamientos RS2 y SR, con valores intermedios para el RS1. Así el porcentaje de cuaje de flores solitarias en CON fue de un 58% y en RS1 fue 52 %, mientras que en RS2 y SR sólo alcanzó un 28% (Fig.9; $p<0.1$). Esto, sumado al hecho que los tratamientos CON y RS1 tenían un mayor número de flores solitarias que los no regados (Fig. 7B), tuvo impacto sobre el número de frutos cuajados. En el caso de las inflorescencias multiflorales con hojas, independiente del tratamiento, cuajaron el 20% de las inflorescencias aproximadamente. Por otro lado, solo 0,1% de inflorescencias multiflorales sin hojas presentó frutos cuajados.

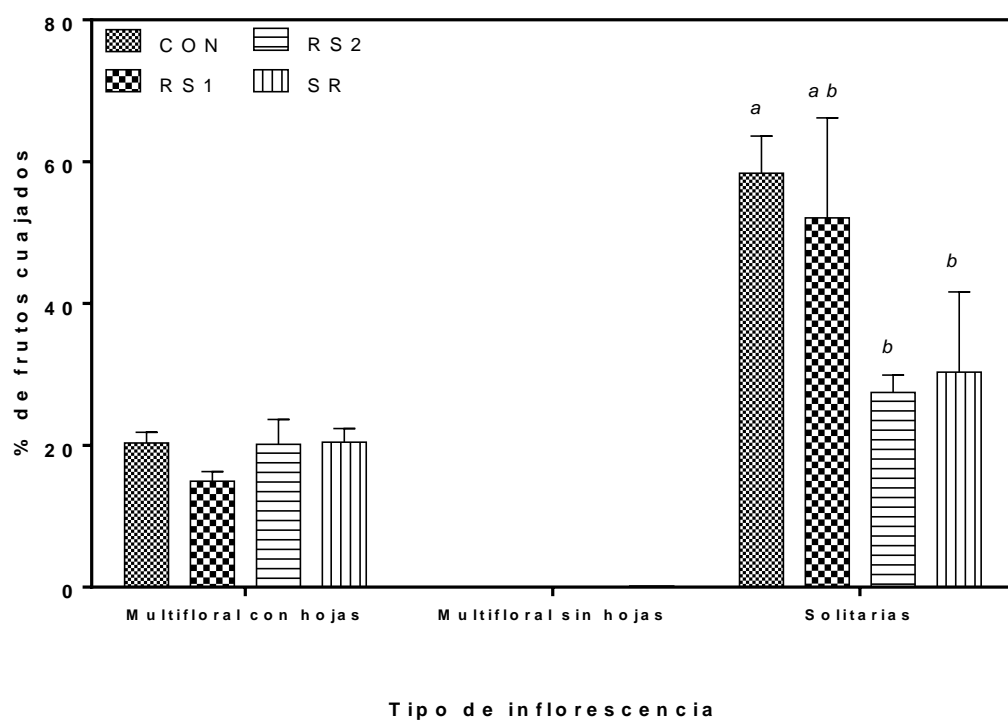


Fig. 9: Porcentaje de frutos cuajados por tipo de inflorescencia para la segunda temporada experimental (año 2014). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). En la parte inferior se indican los tipos de inflorescencia/flores (multifloral con hojas, multifloral sin hojas y flores solitarias). Las barras indican promedio + error estándar ($n=5$) para cada tratamiento. Letras en *itálica* indican diferencias significativas ($p<0.1$). Multifloral con hojas $p>0.10$. Número total de parcelas evaluadas=20

3.7 Tamaño inicial del fruto y tasa de crecimiento

Al finalizar la caída fisiológica de frutos y antes de iniciar el riego en las parcelas del tratamiento RS2 y suspender el riego en las parcelas del tratamiento RS1, se cosecharon frutos para determinar el tamaño inicial y la respuesta del mismo a los tratamientos de riego (Fig. 10). El control CON y el tratamiento RS1, que estaban recibiendo riego en dosis similares, tuvieron frutos de mayor diámetro (mm), altura (mm) y peso fresco (g fruto^{-1}) que los frutos de los otros dos tratamientos, que no recibieron riego durante el período previo a esta cosecha. Este comportamiento fue similar en ambas temporadas. A los 40 días desde floración, y habiendo finalizado la caída fisiológica de frutos para ambas temporadas, el peso promedio de los frutos del control CON y de RS1 era de $5.81 \text{ g fruto}^{-1}$, con un diámetro de 20.4 mm y una altura de 21.76 mm (Fig. 10). En cambio, los frutos de los tratamientos RS2 y SR en promedio pesaban $2.31 \text{ g fruto}^{-1}$, con un diámetro de 14.05 mm y una altura de 15.05 mm.

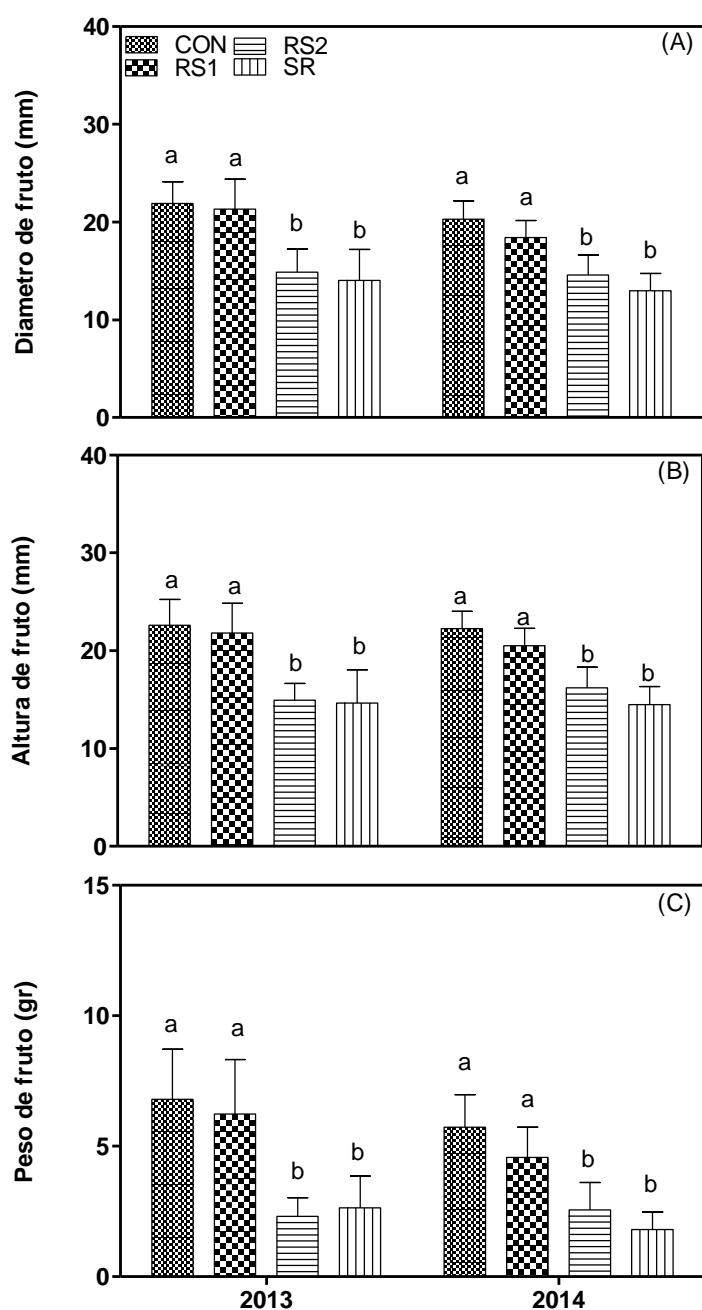


Fig.10: Diámetro inicial de fruto (mm; A), altura inicial de fruto (mm; B) y peso de fruto (g/fruto; C) para la primera (año: 2013) y segunda (año: 2014) temporada experimental pasada la caída fisiológica y antes de la modificación de las condiciones hídricas. Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos para las dos temporadas. Número total de parcelas evaluadas=20

Se realizó un seguimiento del incremento del diámetro del fruto (mm día^{-1}), con mediciones desde floración hasta cosecha con una frecuencia aproximadamente mensual (Fig. 11). Los frutos manifestaron un incremento del diámetro en la fase II de crecimiento de fruto. Luego, el incremento del diámetro del fruto disminuyó en la fase III de maduración del fruto. En la primera temporada todos los tratamientos incrementaron su diámetro en la fase II de crecimiento de fruto con promedios de 0.94 mm día^{-1} , pero solo el tratamiento RS2 logro un valor de incremento de 1.09 mm día^{-1} . Luego los valores fueron disminuyendo al entrar a la fase III de crecimiento de fruto de 0.21 a 0 mm día^{-1} cercano al momento de cosecha.

La dinámica del incremento del diámetro del fruto en función del tiempo mostró un patrón similar entre los tratamientos de riego para la segunda temporada, con valores más altos y cercanos a 0.65 mm día^{-1} en el tratamiento RS2 a los 86 días desde floración disminuyendo hacia valores cercanos a cero hacia el final de la temporada. El tratamiento sin riego (SR) mostró la menor tasa de crecimiento absoluto para la fase II de crecimiento de fruto que fue de 0.27 mm día^{-1} a los 86 días desde floración.

El diámetro del fruto (mm) en la primera temporada fue diferente entre los tratamientos regados de julio a septiembre (CON y RS1), y los tratamientos no regados en el mismo período (RS2 y SR), (Fig. 12A). La mayor diferencia en los diámetros de fruto se expresa al finalizar la caída fisiológica del fruto, con valores de 21.62 mm en los tratamientos CON y RS1, y 14.46 mm en RS2 y SR. El impacto del riego al comienzo de la fase II de crecimiento de fruto generó un aumento del diámetro del tratamiento RS2 (40.99mm) cercanos a los valores del tratamiento CON (44.8 mm), siendo los valores menores en el SR (33.82 mm). Si bien el RS1 no recibió riego durante esta etapa, los valores alcanzaron un

valor promedio de 43.16mm. En la fase III de crecimiento de fruto, los valores entre los tratamientos fueron similares.

En la segunda temporada (Fig. 12 B), los valores de diámetro del fruto fueron similares entre los tratamientos regados (CON, RS1 y RS2) en relación al no regado (SR). Los valores pasada la caída fisiológica fueron en promedio de 26.69 mm para todos los tratamientos. Al inicio de la fase II de crecimiento de fruto, los valores del RS2 superan a los demás tratamientos con valores promedios de 35.33mm durante esta fase. En la fase III de crecimiento de fruto los valores de los tratamientos regados fueron similares (72.16 mm) siendo el menor valor el del tratamiento sin riego (69.40 mm).

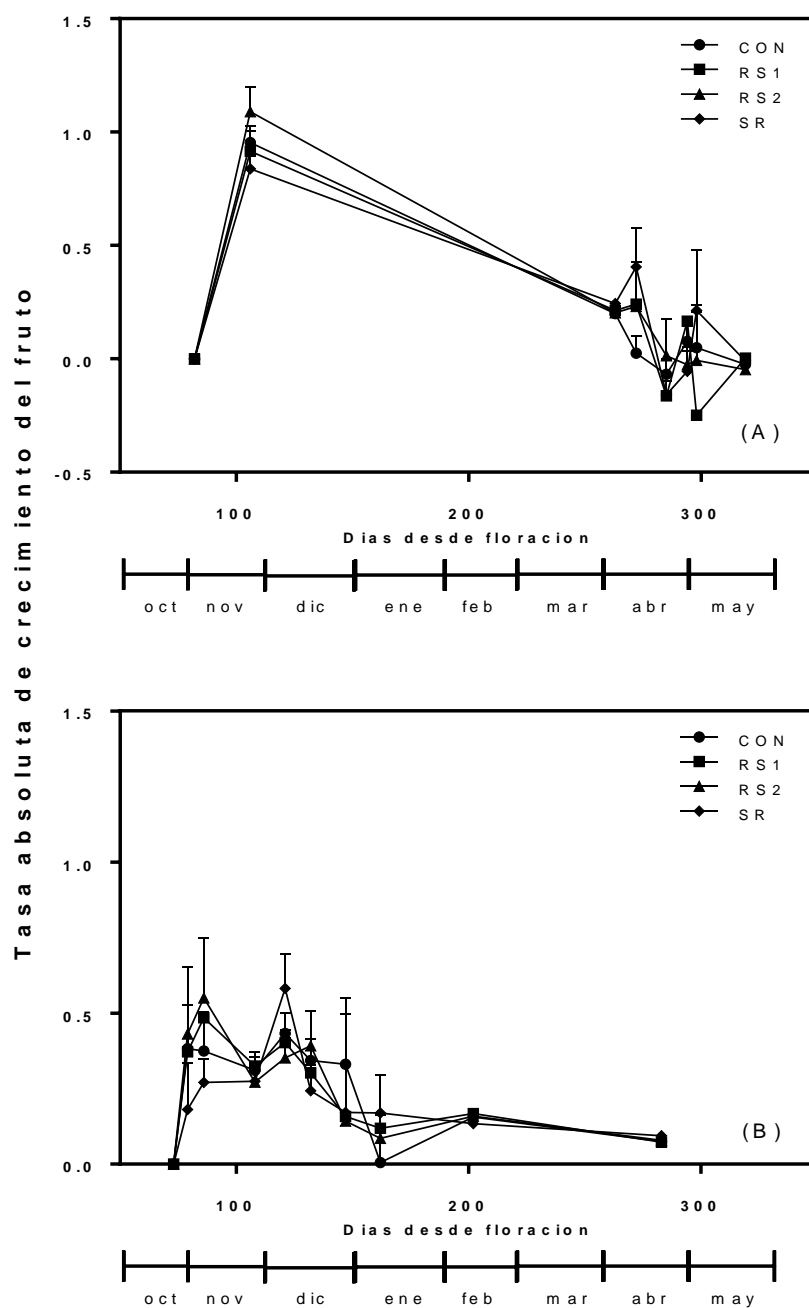


Fig. 11: Incremento del diámetro del fruto (mm día⁻¹) en función de los días desde floración para la primera (año:2013; A) y segunda temporada experimental (año: 2014;B). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Los símbolos indican el promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Número total de parcelas evaluadas=20

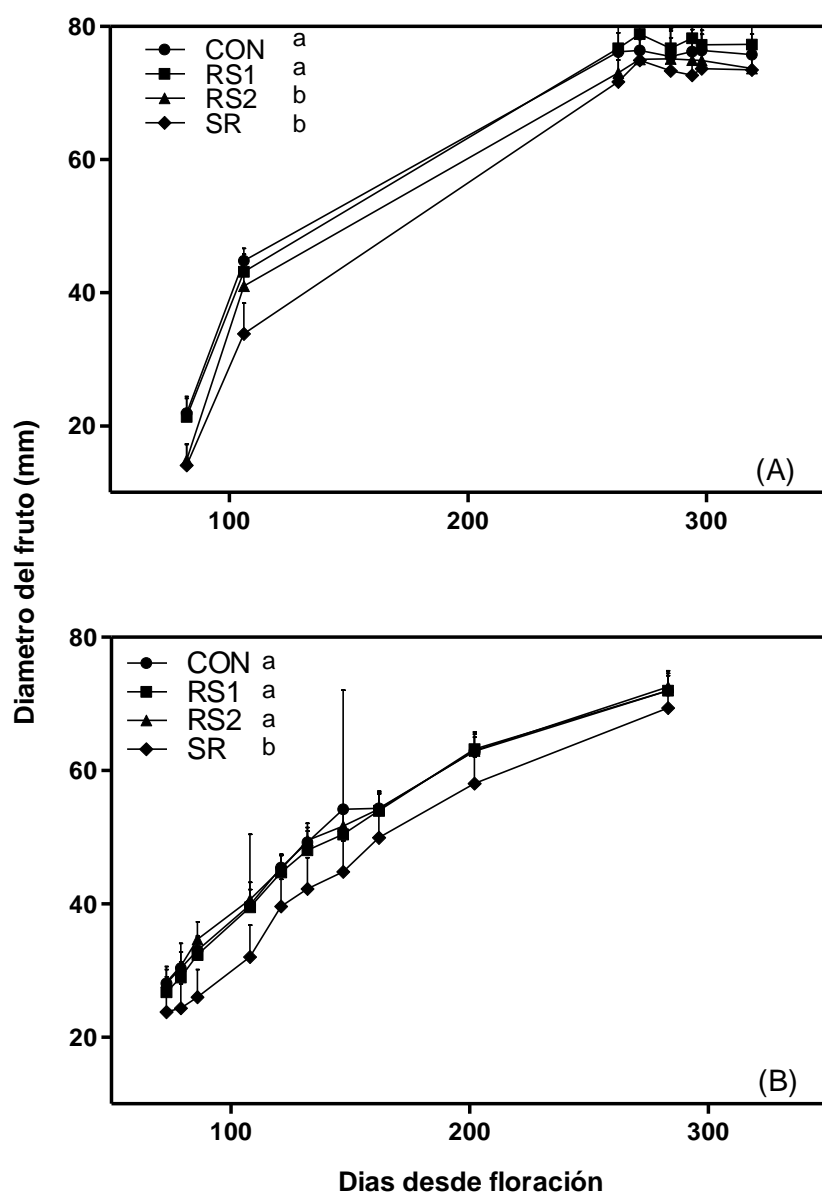


Fig 12. : Diámetro del fruto (mm) desde floración (A: año: 2013) y para la segunda temporada (B, año 2014). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Los símbolos indican el promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Número total de parcelas evaluadas=20

3.8 Rendimiento y sus componentes:

El rendimiento en fruta (kg m^{-3} de copa) fue mayor en la segunda temporada ($p < 0.01$) en comparación con la primera (Anexo 3), explicado por un aumento en el número de frutos ($\# \text{m}^{-3}$ de copa) ($p < 0.01$), mientras que el peso individual de los frutos disminuyó ($p < 0.01$) (Fig. 13). En el primer año el rendimiento fue de 7.54 kg m^{-3} de copa, 31 el número de frutos m^{-3} de copa y 249. gr el peso individual de los frutos. En cambio en el segundo año el rendimiento fue de 10.56 kg m^{-3} de copa, 50 el número de frutos m^{-3} de copa y 208 gr el peso individual de los frutos. Los tratamientos de riego afectaron significativamente el rendimiento en ambas temporadas de forma similar ($p = 0.48$ para la interacción; Anexo 3).

El rendimiento en el CON y el tratamiento RS1 fue de 10.01 kg m^{-3} de copa, mientras que en los tratamientos RS2 y SR fue de 7.09 kg m^{-3} de copa (Fig. 13 A), con un mayor rendimiento en aquellos tratamientos que fueron regados ($p < 0.001$) entre julio y septiembre (i.e., desde diferenciación floral a caída fisiológica de frutos). Estas diferencias en rendimiento estuvieron explicadas por las diferencias en el número de frutos ($p < 0.05$), donde el CON y RS1 tuvieron 49 frutos m^{-3} de copa, mientras que el RS2 y el SR sólo alcanzaron 32 frutos m^{-3} de copa, (Fig. 13B). A diferencia de lo observado para el número de frutos, el peso individual de los frutos fue mayor en el RS2 que en el tratamiento SR ($p < 0.05$), alcanzando 252 g fruto^{-1} ; mientras que el control CON y el RS1 mostraron valores intermedios alcanzando en promedio 228 g fruto^{-1} (Fig. 13C).

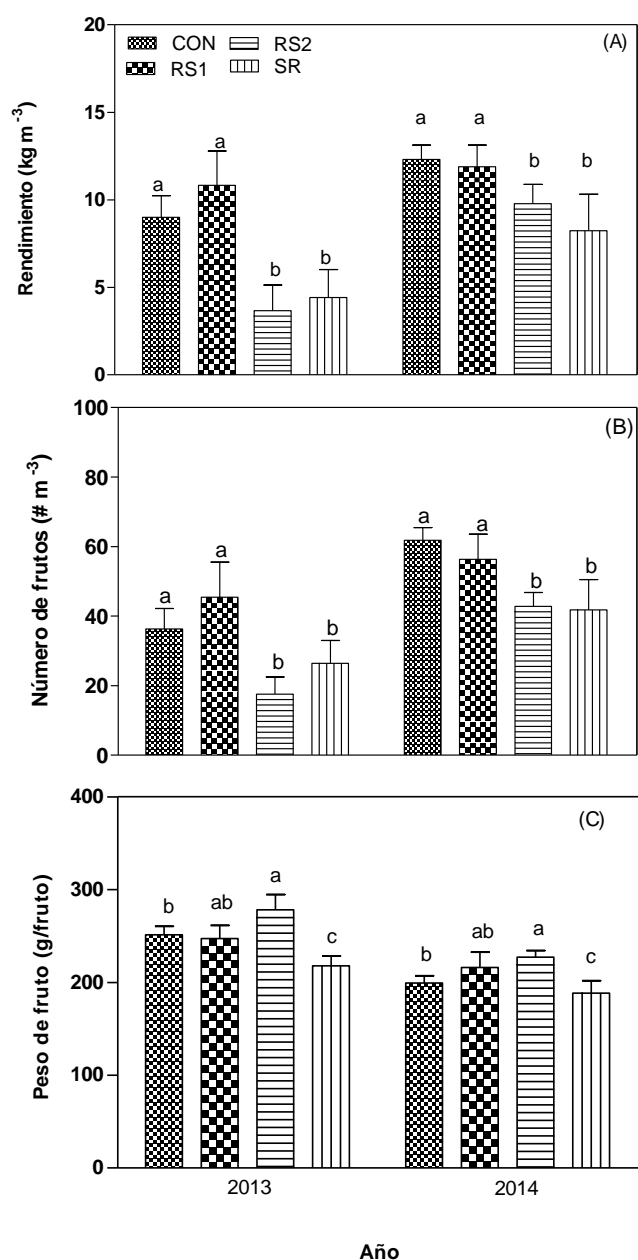


Fig. 13: Rendimiento (kg por m⁻³ de copa; A), número de fruto ((# m⁻³ de copa; B) y peso de fruto (g fruto⁻¹; C) para la primera (año: 2013) y para la segunda (año: 2014) temporada experimental. Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y fecha. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0.05) entre tratamientos para las dos temporadas. Letras en *italica* indican diferencias significativas (p<0.1) entre tratamientos para las dos temporadas. No hubo interacción tratamiento x año (p>0.05). Número total de parcelas evaluadas=20

Para corroborar si las diferencias en el peso individual de los frutos se debían a diferencias en la acumulación de materia seca o en el contenido de agua, en la segunda temporada determinamos el peso seco de los frutos (Fig. 14). En promedio el peso seco de los frutos fue de alrededor de 33.2 g fruto⁻¹, representando la materia seca un 15% del peso fresco individual de los frutos. Al igual que para el peso fresco individual de los frutos, el mismo fue mayor en el RS2 que en el tratamiento SR ($p<0.05$), alcanzando valores de 37.58 g fruto⁻¹. A su vez el peso seco de fruto intermedio para los tratamientos CON y RS1 alcanzó en promedio 33.2 g fruto⁻¹ (Fig. 14).

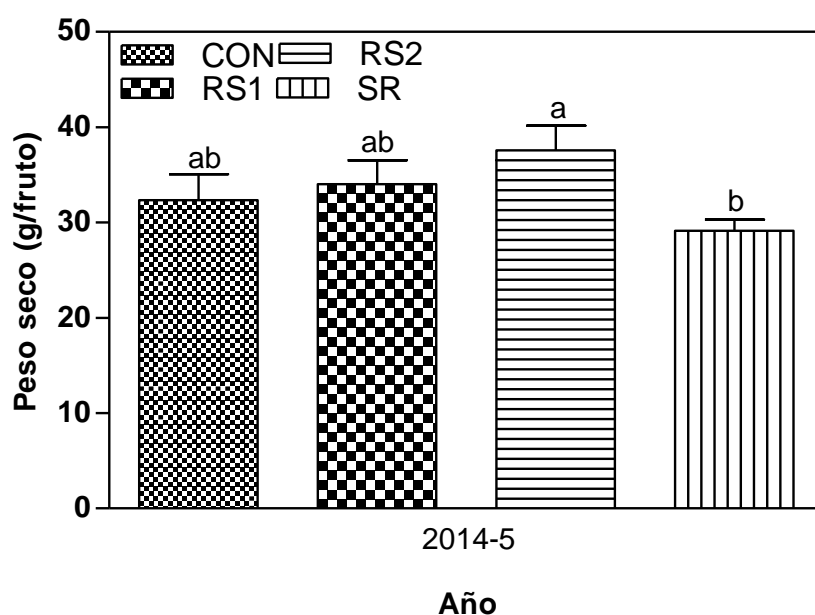


Fig. 14: Peso seco de fruto (g fruto⁻¹) para la segunda (año; 2014) temporada experimental. Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Las barras indican promedio + error estándar ($n=5$) para cada tratamiento y fecha. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0.05$). Número total de parcelas evaluadas=20.

3.9 Calidad de fruto

Una de las variables más importantes en cuanto a la calidad de la fruta cosechada en naranja es el calibre. En este sentido se evaluó el % del rendimiento expresado por calibre comercial dentro de los diámetros de exportación y mercado interno (Fig. 15). Para el control CON, durante la primera temporada más del 40% del total de la fruta cosechada se encontró dentro del calibre 4 (70 a 74 mm) (Fig. 15). En la segunda temporada este patrón se hizo más evidente representando este calibre 4 más del 60% de la fruta a cosecha. Los tratamientos de riego tuvieron impacto sobre los porcentajes de fruta de los diferentes calibres (Fig. 15). Así, el tratamiento SR riego también presentó el mayor porcentaje de fruta dentro del calibre 4 en ambas temporadas, pero con la peculiaridad de que presentó un porcentaje relativamente elevado (cercano al 20%) de fruta de calibre 5. Esto representa fruta de un tamaño inferior que se destina a mercado interno. El tratamiento RS1 mostró una distribución de calibres similar al control CON, con el mayor porcentaje de fruta de calibre 4. El RS2 fue el tratamiento con menor % de fruta de calibre 4 y un mayor porcentaje de fruta en el calibre 3 (77.5 a 86mm) cerca del 40%, siendo este un calibre destinado a exportación y de mayor valor comercial. Este comportamiento se repitió en ambas temporadas.

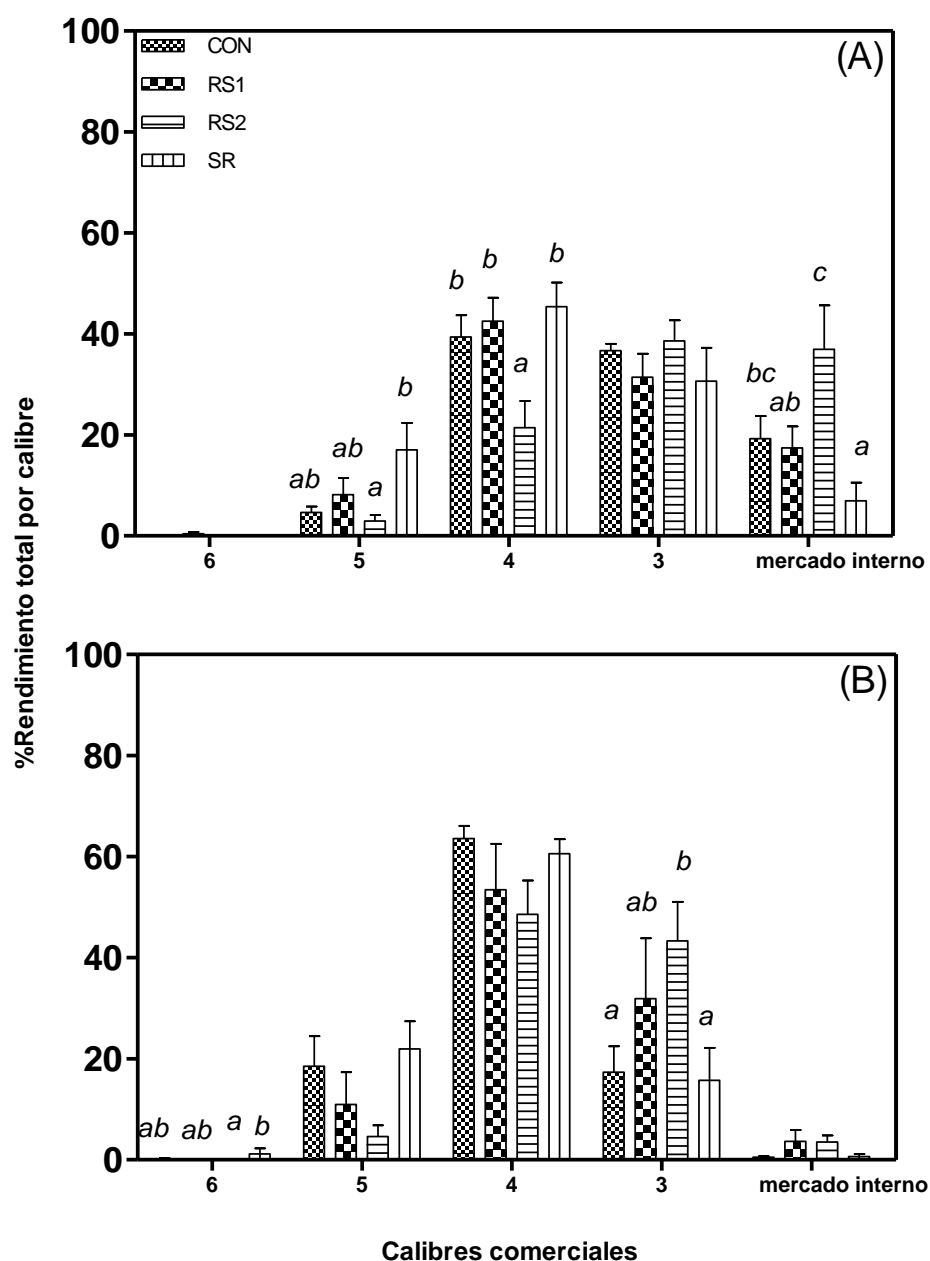


Fig. 15: Rendimiento expresado en % de calibre comercial para la primera (año 2013; A) y la segunda temporada experimental (año 2014; B). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Calibre comercial 6 (53 a 54 mm), 5 (56 a 67 mm), 4 (70 a 74 mm), 3 (77.5 a 86 mm) y mercado interno (superior a 86 mm). Las barras indican promedio + error estándar (n=5) para cada tratamiento y calibre). Letras en *italica* indican diferencias significativas ($p < 0.1$). Número total de parcelas evaluadas=20.

Con respecto a los sólidos solubles medidos a cosecha final no hubo diferencias entre tratamientos de riego en ninguna de las dos temporadas evaluadas (Cuadro 3). Tampoco se observaron diferencias en los valores de sólidos solubles entre temporadas. Otra de las variables de calidad medida fue la acidez titulable que mostró valores más elevados en la primera con respecto a la segunda temporada ($p < 0.01$). El control CON tuvo niveles de acidez de 0.94 en la primera temporada bajando a niveles de 0.64 en la segunda temporada (Cuadro 3). En la primera temporada el tratamiento SR alcanzó niveles de acidez 30% superiores a los otros tres tratamientos que no difirieron entre sí ($p < 0.01$).

El índice de madurez de la fruta fue menor en la primera que en la segunda temporada para todos los tratamientos ($p < 0.01$). Así, el control CON pasó de un índice de 11 a 14 (Cuadro 3). Los tratamientos de riego afectaron significativamente el índice de madurez en la primera temporada ($p < 0.01$) pero no en la segunda. El índice de madurez de la fruta del tratamiento SR fue un 35% inferior al del control, mientras que los tratamientos RS1 y RS2 mostraron índices de madurez intermedios.

El índice de color (IC) alcanzado normalmente para nuestra zona no llega a valores elevados, no hubo una diferencia en los valores de IC entre temporadas ($p > 0.05$). El control CON logró un color cercano a naranja pálido en la primera temporada (valor 0.07), mientras que la segunda temporada el color fue un amarillo pálido o naranja verdoso con valores negativos cercanos a cero (Cuadro 3). Los tratamientos de riego afectaron significativamente el índice de color en la primera temporada ($p < 0.01$) pero no en la segunda, aunque nuevamente las tendencias fueron similares. Los tratamientos SR y el RS2 presentaron

índices de color inferiores a -2.5 en la primera temporada con frutos más cercanos a verde amarillento, diferenciándose de los frutos de los tratamientos CON y RS1.

En lo que respecta al espesor de cascara (mm), número de gajos, número de semillas y %de jugo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, aunque si hubo una diferencia entre años (Cuadro 4). El espesor de cáscara fue más fino en la segunda temporada (3.12 mm) en relación a la primera temporada (3.67 mm). Otra característica de importancia es el % de jugo, el cual fue más favorable para la segunda temporada con valores promedios de 51.12% mientras que en la primera temporada alcanzó los 47.74%.

Cuadro 3: Características cualitativas de fruta: Sólido solubles (°Brix), acidez titulable, índice de madurez e índice de color para la primera (año 2013) y para la segunda temporada experimental (año 2014) para los diferentes tratamientos: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Número total de parcelas evaluadas=20

	Sólidos Solubles (°Brix)		Acidez Titulable		Índice de madurez		Índice de color	
	2013-14	2014-15	2013-14	2014-15	2013-14	2014-15	2013-14	2014-15
Control regado (CON)	10.0	9.5	0.94 ^a	0.68	11 ^a	14	0.07 ^b	-0.05
Riego suplementario de julio a septiembre (RS1)	9.5	9.4	0.93 ^a	0.71	10 ^{ab}	13	0.03 ^b	-0.57
Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2)	8.8	9.2	1.10 ^{ab}	0.72	8 ^{bc}	13	-3.14 ^a	-0.88
Sin riego (SR)	9.2	9.3	1.42 ^b	0.88	7 ^c	11	-2.80 ^a	-1.31
Efecto tratamiento para cada año	p=0.081	p=0.778	p < 0.01	p=0.448	p<0.01	p=0.143	p<0.01	p=0.113
Efecto año	p=0.796		p<0.0001		p<0.0001		p=0.176	

Cuadro 4: Características cuantitativas de fruta: espesor de cascara (mm), número de gajos, numero de semillas y % de jugo para la primera temporada experimental (año 2013) y para la segunda temporada experimental (año 2014) para los diferentes tratamientos: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR). Número total de parcelas evaluadas=20

	Espesor de cascara(mm)		Número de gajos		Número de semillas		%de jugo	
	2013-14	2014-15	2013-14	2014-15	2013-14	2014-15	2013-14	2014-15
Control Regado (CON)	3.3	3.0	9	10	1	1	48.7	53.8
Riego suplementario de julio a septiembre (RS1)	3.2	3.2	9	10	1	2	49.1	49.6
Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2)	3.9	3.2	9	10	1	2	46.5	51.6
Sin riego (SR)	4.2	2.9	9	10	1	2	46.6	49.2
Efecto tratamiento para cada año	p=0.059	p=0.655	p=0.473	p=0.421	p=0.673	p=0.710	p=0.790	p=0.298
Efecto año	p<0.05		p=0.0001		p<0.01		p<0.05	

3.10 Eficiencia del uso del agua

La eficiencia del uso del agua total (EUA total) mide la eficiencia de transformación del agua aplicada más las precipitaciones a kg de fruta por m^{-3} de copa. Esta eficiencia fue mayor en el RS1 en relación a los tratamientos RS2 y SR (Cuadro 5). Sin embargo, cuando analizamos la EUA regada, que mide la eficiencia de transformación del agua aplicada por riego a kg de fruta por m^{-3} de copa, el tratamiento SR fue el que presentó un mayor valor. Por otro lado, considerando solamente los tratamientos que recibieron agua de riego, el RS2 mostró una eficiencia mayor que el CON mientras que RS1 tuvo valores intermedios.

Cuadro 5: Eficiencia del uso del agua total ($\text{kg m}^{-3}\text{mm}^{-1}$) entre la cantidad de agua aplicada por tratamiento (mm) más precipitaciones (mm) y el rendimiento (kg m^{-3}) y Eficiencia del uso del agua regada ($\text{kg m}^{-3}\text{mm}^{-1}$) entre la cantidad de agua aplicada por tratamiento (mm) y el rendimiento (kg m^{-3}) para los distintos tratamientos Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR).. Los valores indican promedio \pm error estándar ($n=5$) para cada tratamiento de las dos temporadas. Letras diferentes indican diferencias significativas y $p<0.05$ en EUA regada. Letras en itálica indican diferencias significativas $p<0.10$ en EUA total. Número de parcelas evaluadas=20

	EUA total ($\text{kg m}^{-3}\text{mm}^{-1}$)	EUA regada($\text{kg m}^{-3}\text{mm}^{-1}$)
Control Regado (CON)	0.0079 ± 0.0007 <i>ab</i>	0.0391 ± 0.0036 c
Riego suplementario de julio a septiembre (RS1)	0.0090 ± 0.0012 <i>a</i>	0.0609 ± 0.0083 bc
Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2)	0.0061 ± 0.0009 <i>b</i>	0.0767 ± 0.0109 b
Sin riego (SR)	0.0063 ± 0.0014 <i>b</i>	0.8331 ± 0.1966^a
Valor de p	$p=0.0578$	$p=0.0001$

4 Capítulo 4: Discusión y conclusiones generales

En la presente tesis se estudió durante dos temporadas el efecto de la aplicación de riego suplementario en dos momentos del ciclo anual del cultivo de naranja cv Valencia late. Se observó que el riego aplicado en momentos claves del desarrollo de la inflorescencia o del fruto permite la obtención de rendimientos y calidad de fruta adecuados.

Las condiciones meteorológicas durante las temporadas de ensayo fueron diferentes entre años en lo que respecta a las precipitaciones, ETo y a las temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas. (Fig. 2 y 3). La primera temporada se caracterizó por tener una mayor ETo, temperaturas extremas (mayor a 40°C de máxima) y escasas precipitaciones, en comparación con la segunda temporada experimental. La primera temporada (2013) obtuvo una precipitación anual menor al promedio de la región (Cuadro 2; Anexo 5) siendo un año de marcada sequía, al contrario la segunda temporada (2014) que registró valores superiores a la media. Estas diferencias en el ambiente modularon las respuestas al riego suplementario acentuando el impacto sobre el rendimiento y sus componentes en la primera temporada en relación a la segunda (Fig. 13).

En el mes de junio comienza la inducción floral para la región subtropical (Tadeo et al. 2008), incluyendo la zona donde se realizó este ensayo. En este proceso, el déficit hídrico, combinado con bajas temperaturas aumenta la proporción de brotes florales y número total de flores ya que tiene un efecto inductor de yemas cítricas (García-Luis et al. 1992, Iglesias et al. 2007). Si bien las condiciones de estrés hídrico y temperaturas bajas favorecen el proceso de inducción floral, existe una variabilidad de respuestas entre especies y variedades cítricas (Iglesias 2007). Por ejemplo, un estudio bajo invernadero mostró que en plantas juveniles de

limón Fino un estrés moderado se asoció a mayor cantidad de brotes vegetativos, mientras que la intensidad de floración se vio promovida con un estrés severo (Ávila 2011). Por otro lado, en el mismo trabajo observaron que en mandarina Satsuma Owari el desarrollo de brotes o flores fue independiente del nivel de estrés. En este estudio con naranja Valencia late, las características climáticas de la zona registran para ese período bajas temperaturas y escasas precipitaciones que favorecen la inducción floral. Estas condiciones climáticas fueron más favorables a la inducción durante la primera temporada (Fig. 3 y 4). Sin embargo esto no generó un mayor número de inflorescencias o flores solitarias en comparación con la segunda temporada (Fig. 7). Es probable que otros factores ambientales o la carga previa de los árboles hayan modulado esta respuesta.

En ambas temporadas, los tratamientos de riego suplementario se iniciaron en julio, coincidente con el momento de diferenciación floral (Iglesias 2007). De julio a septiembre suceden las etapas de diferenciación floral, floración-cuaje-fase I de crecimiento de fruto. Durante este periodo la ETc acumulada fue de 339 mm para la primera temporada y de 236 mm en la segunda temporada (Cuadro 2), debido a la combinación de una mayor demanda y duración del período. El riego de julio a septiembre cubrió 56.5% de la ETc en los tratamientos CON y RS1 para la primera temporada y el 88.7% en la segunda temporada; durante el mismo periodo en los tratamientos RS2 y SR no recibieron riego lo que generó un déficit hídrico en ambas temporadas. Estas diferencias entre los tratamientos regados durante estas etapas (CON y RS1) y los no regados (RS2 y SR) se observan en los valores de REW % (Fig. 5). Aunque durante la primera temporada el riego no llegó a cubrir la demanda de ETc y el potencial hídrico xilemático llegó a un valor de -0.53 MPa en todos los tratamientos (Fig. 6). La segunda temporada los niveles de estrés oscilaron entre -0.33 MPa en el CON a -

0.64MPa en RS2. En otros estudios los valores de los tratamientos control oscilaron entre -0.6 a -1.3 MPa (Otuño et al. 2006, García Tejero et al. 2010b), valores inferiores al obtenido en la tesis para el tratamiento control, sin embargo los valores de los tratamientos estresados obtuvieron valores de estrés hídrico más severos que los encontrados en esta tesis (-1.4 a -2.0 MPa), (García Tejero et al. 2011a).

Los tratamientos de riego tuvieron impacto sobre el tipo de inflorescencia formada (Fig. 7). La suspensión del riego de julio-septiembre, coincidente con la etapa de diferenciación floral, tuvo cierto efecto de promoción de la formación de inflorescencias sin hojas. Así, RS2 presentó casi el doble de inflorescencias sin hojas que los tratamientos regados (CON y RS1) (Fig.7). Esto puede deberse al movimiento de ABA sintetizado en raíces bajo condiciones de estrés (De Assis Gomes et al. 2004). En mandarino Satsuma, altos contenidos de hormonas endógenas como IAA y ABA influyen sobre el patrón de inflorescencias, lo que significa que pueden afectar el desarrollo de yemas florales, generando en este caso inflorescencias sin hojas (Koshita y Takahara 1999) con muy bajo % de cuaje (Iglesias et al. 2007). Este tipo de inflorescencias sin hojas tienen muy baja probabilidad de cuaje (Ruiz et al. 2001, Iglesias et al. 2007, Carr 2012). Por otro lado, las plantas regadas durante diferenciación floral (CON y RS1), que alcanzaron mayores valores de potencial agua, presentaron un mayor número de flores solitarias (Fig. 7), siendo las flores solitarias las que además presentaron mayor porcentaje de cuaje (Fig. 9) en coincidencia con estudios previos en citrus (Iglesias et al. 2007).

Durante el proceso de floración-cuaje los tratamientos de riego presentaron diferencias marcadas en el potencial agua xilemático (Fig. 6). En los tratamientos regados (CON y RS1) los potenciales hídricos xilemáticos fueron de alrededor de -0.5 MPa mientras que la ausencia

de riego hizo caer los valores a -1.0 MPa en SR y RS2. Esta condición de estrés hídrico tuvo un efecto negativo sobre el % total de frutos cuajados (Fig. 8) y a su vez, afectó el % de cuaje de las flores solitarias en los tratamientos sin riego (Fig. 9). Este menor cuaje de flores solitarias sumado al menor número de flores solitarias repercutió en un menor número de frutos a cosecha en los tratamientos SR y RS2 (Fig. 13). En este sentido, García-Tejero et al. (2010b) encontró en naranja cv Navelino que un estrés severo aplicado en floración se refleja en una reducción del número de frutos a cosecha. Similares conclusiones fueron encontradas por Romero et al. (2006) en mandarina cv Clemenules, donde un estrés severo (-2.6 a -1.5 MPa) aplicado durante floración-cuaje reduce el número de frutos a cosecha. Esto se debe a que el cuaje es altamente dependiente de la disponibilidad de hídrica, asociado a una mayor disponibilidad de carbohidratos, por lo que un estrés hídrico aumenta la posibilidad de abscisión de frutos (Iglesias et al. 2003).

El crecimiento de los frutos en cítricos puede dividirse en tres periodos: crecimiento exponencial o fase I (desde floración a caída fisiológica) crecimiento lineal o fase II (aumento de tamaño) y maduración o fase III (aumento del contenido de sólidos solubles y disminución progresiva de los ácidos libres) (Agustí et al. 2003). En la fase de transición entre la etapa de crecimiento I y II, ocurre la caída fisiológica de los frutos. Se observó un marcado efecto del riego complementario (CON y RS1) sobre el tamaño inicial de fruto (diámetro, peso y altura de fruto) siendo mayor que en aquellos sin riego (RS2 y SR) (Fig.10).

A pesar del menor tamaño inicial del fruto en el tratamiento RS2 (Fig. 10), el riego aplicado durante los meses de octubre a noviembre en el inicio de la fase II de crecimiento de fruto, fue suficiente para que a cosecha alcanzara un peso individual de fruto superior al resto de los tratamientos (Fig.13). Este efecto se debió a que el aporte diferencial de riego a partir

de esta etapa se asoció a un incremento en la tasa de crecimiento absoluto de los frutos (Fig. 11), que se tradujo en una mayor acumulación de biomasa a cosecha final superando los obtenidos por el SR, siendo que los valores iniciales de tamaño de fruto eran similares en ambos tratamientos (Fig. 14). Si bien parte de este mayor peso se debe a un menor número de frutos en RS2 que el CON y RS1, el hecho de regar durante el inicio de la fase II de crecimiento de fruto tuvo un claro efecto sobre el tamaño final evidenciado por las diferencias entre RS2 y SR. (Fig. 13). Por otro lado, el peso individual del fruto a cosecha en RS2 fue mayor que en el CON (Fig. 13), aun cuando ambos tratamientos recibieron igual cantidad de agua durante el inicio de la fase II de crecimiento de fruto (Cuadro 2). Esto se debe a la compensación antes señalada entre el peso y el número de frutos (Guardiola y García-Luis 2000), donde al tener el CON mayor número de frutos el peso de los mismos fue menor (Fig. 13). Esto coincide con lo encontrado por Pérez-Pérez et al. (2008a) en naranja cv Lane Late, donde al aplicar el riego en la fase II de crecimiento del fruto luego de un periodo de sequía, alcanzaron frutos de gran tamaño a cosecha. En la misma dirección, García-Tejero et al. (2010b) encontraron que una suplementación con riego durante el crecimiento de fruto en naranja cv Navelina, aumenta el tamaño de fruto mitigando la reducción de tamaño ocasionado por un estrés hídrico en los estadios temprano de desarrollo. Así, el tratamiento SR2 corrobora que devolver el riego en el inicio de la fase II de crecimiento de fruto permitiría alcanzar frutos de mayor peso a cosecha, debido al efecto conjunto del menor número de frutos sumado a una mayor tasa de crecimiento del fruto al reestablecer el riego.

Se observó en ambas temporadas que el número de frutos fue similar entre RS2 y el SR (Fig. 13). Se temía que un cambio en la disponibilidad hídrica después un estrés severo (-1.6 MPa) en floración – cuaje (Fig. 6), provocaría una caída de fruta como lo mencionado en

otros trabajos donde se observó que la aplicación del riego en la fase II en naranja Lane Late, después de un estrés hídrico en la fase I incrementó la abscisión de frutos en aquellos árboles no regados (Pérez-Pérez et al. 2008a). Sin embargo, esta situación no se observó en ninguna de las dos temporadas para RS2 debido a que el estrés hídrico no superó los -1.5 MPa (Fig.6 y 13). Por lo tanto, una aplicación del riego después de un estrés en floración-cuaje y/o fase I de crecimiento de fruto no modificó el número de frutos cuajados en esta tesis.

El rendimiento fue afectado por los tratamientos de riego siendo mayor en aquellos regados durante julio-septiembre (CON y RS1) que los tratamientos no regados durante esa etapa (RS2 y SR) (Fig. 13). Este efecto fue más marcado durante la primera temporada debido a mayor déficit hídrico generado por una prolongada sequía invernal (Fig. 3). Si comparamos el efecto del riego de julio a septiembre (CON y RS1) con los tratamientos que no recibieron riego en este periodo (RS2 y SR), los efectos sobre el número de frutos tuvieron un patrón similar entre ambas temporadas, teniendo el mayor número de frutos los tratamientos regados de julio a septiembre. Regar 250 mm durante los meses de julio-septiembre (CON y RS1) duplicó el rendimiento con respecto a los árboles no regados en ese mismo período (RS2 y SR). Es más, el continuar regando durante los meses siguientes (octubre-noviembre) no tuvo mayor impacto sobre el rendimiento y sus componentes pues CON no difirió de RS1 a pesar de haber recibido 97 y 81 mm más de riego el primero y segundo año respectivamente (Cuadro 2).

De acuerdo a lo expresado en la Hipótesis 1.1, en la cual se planteaba que una mayor disponibilidad hídrica durante diferenciación floral modifica el tipo de inflorescencia, favoreciendo aquellas con hojas y por lo tanto modifica la probabilidad de cuaje, y que la mayor disponibilidad hídrica durante floración-cuaje determinaría un mayor número de frutos

cuajados. Se rechaza esta hipótesis debido a que un riego suplementario de julio a septiembre no modificó la relación de la calidad de inflorescencias abiertas a floración en un patrón similar en ambas. Sin embargo, el porcentaje de frutos cuajados fue mayor en las plantas regadas durante julio-septiembre (Fig. 8) lo que resultó en un mayor número de frutos a cosecha (Fig. 13). Esto se asoció a un mayor número de flores solitarias por rama (Fig. 7) que, además presentaron un mayor porcentaje de cuaje (Fig. 9). Sobre la base de estos resultados se plantea una hipótesis alternativa: Un riego suplementario desde julio-septiembre coincidente con diferenciación floral-floración - cuaje y fase I de crecimiento de fruto favorece el % de frutos cuajados, repercutiendo positivamente sobre el rendimiento a cosecha.

Así, en la primera temporada la Eficiencia del uso del agua total (EUA total) alcanzada por el tratamiento RS1 ($0.0090 \text{ kg m}^{-3}\text{mm}^{-1}$) fue superior al de los tratamientos RS2 y SR (Cuadro 5). En mandarina cv Clementina de Nules, un riego suplementario durante el inicio de la fase II de crecimiento de fruto permitió un ahorro de agua sin afectar ni el tamaño del fruto ni la calidad, siempre que el umbral de potencial hídrico no sobrepasase los -1.3 MPa (González-Altozano y Castel, 2003). Sin embargo en otros estudios en naranja cv Navel Lane Late, no se encontraron diferencias en los valores de EUA total para los tratamientos control y deficitarios (Ballester et al. 2013) resultados similares fueron obtenidos en mandarina cv Clementina de Nules (Ballester et al. 2011). En esta tesis la EUA total demostró que un riego suplementario de julio a septiembre tuvo incremento en el rendimiento a cosecha con una mayor eficiencia de uso de recursos.

Los tratamientos de riego también tuvieron impacto sobre la calidad de la fruta a cosecha. El parámetro más afectado y de mayor importancia comercial fue el calibre de la fruta, expresado como % de rendimiento para cada calibre comercial (Fig. 15). En

producciones comerciales muchas veces se busca el tamaño de la fruta a expensas del rendimiento (Guardiola y García-Luis 2000). La disponibilidad hídrica generó cambios en la distribución de la fruta dentro de los calibres comerciales (Fig. 15). En el tratamiento CON, la distribución de los calibres fue una curva normal, concentrada la fruta en el calibre central (calibre 4). También en el tratamiento SR la mayoría de la fruta fue de calibre 4, aunque con una mayor proporción de fruta de calibres superiores (i.e., tamaño menor) de menor valor comercial, observado especialmente en la primera temporada con los niveles de estrés alcanzados durante las fases I e inicio de la fase II de crecimiento del fruto fueron menores a -1.5 MPa (Fig. 6). En la misma dirección, Ballester et al. (2011) encontraron una modificación en los calibres comerciales de la fruta frente a un estrés hídrico en mandarina cv Clementina de Nules, con un alto porcentaje de fruta pequeña en los tratamientos de estrés hídrico severo. Interesantemente, en el tratamiento RS2 la producción se concentró en tamaños superiores con la mayoría de la producción en calibres 3 (segunda temporada) y 4 (primera temporada) siendo los de mayor calidad y valor comercial, incluyendo fruta de gran tamaño que queda destinada a mercado interno (primera temporada) (Fig.15). Es decir que agregar un riego complementario durante el inicio de la fase II de crecimiento de fruto no sólo se asoció a un aumento en el peso promedio de los frutos sino que también modificó positivamente la distribución de calibres, importante desde el punto de vista comercial. . Así, se acepta la *Hipótesis 2.1*, que planteaba que una mayor disponibilidad hídrica en el inicio de la fase II de crecimiento de fruto aumentará el volumen celular y contribuirá a una activa división en aquellas partes del fruto donde el proceso todavía ocurre, y ambos contribuyen al tamaño final del fruto (Fig. 13).

Con respecto al resto de los parámetros de calidad, no se observó un efecto de los tratamientos de riego sobre los sólidos solubles (Cuadro 3) y sólo se observó una mayor acidez titulable en SR en la primera temporada (Cuadro 3). En relación a ello, Pérez-Pérez et al. (2009) sostienen que un estrés hídrico al inicio de la fase III provoca un aumento de sólidos solubles y de la acidez titulable (García-Tejero et al. 2010b, Ballester et al. 2011). En este ensayo las diferencias entre las condiciones hídricas de tratamientos fueron planteadas para la fases previas a madurez (diferenciación floral, floración-cuaje e inicio de la fase II de crecimiento de fruto), por lo que resulta probable que no tengan influencia sobre la concentración de sólidos solubles. Los valores de sólidos solubles como la acidez titulable se encuentran dentro de los valores exigidos para la comercialización de naranja Valencia.

En relación al índice de madurez y el índice de color (Cuadro 3) observamos que en la primera temporada hubo una diferencia entre los tratamientos regados de julio-septiembre (CON y RS1) y los no regados (RS2 y SR). Según lo establecido en la cartilla para determinar color de naranjas y mandarinas de INTA (Bello et al. 1981), los tratamientos RS2 y SR presentaron una coloración verde amarillenta, coincidente con un menor índice de madurez, y los regados de julio a septiembre (CON y RS1), amarillo pálido o naranja pálido corresponden a un mayor índice de madurez y por lo tanto de calidad (Cuadro 3). Tampoco hubo diferencias en el número de gajos ni en el número de semillas (Cuadro 4). En citrus (Kubo et al. 2001) como en otros frutales, el índice de madurez de la fruta es influenciada por la carga de fruta presente en el árbol. En este sentido, el retraso en la maduración y el menor desarrollo del índice de color en RS2 y SR podrían deberse a que estos tratamientos tuvieron menor carga y esto fue más marcado durante la primera temporada (Fig. 13). Así, las modificaciones en el número de frutos tendrían implicancias indirectas sobre estos parámetros

de calidad. Las diferencias entre tamaños de fruto no influyeron en el % de jugo entre los tratamientos regados de julio a septiembre (CON y RS1) y los no regados (Fig. 13, Cuadro 4), posiblemente el estrés hídrico no llegó a afectar el número de vesículas formadas que llegaron a aumentar su contenido de agua una vez que comenzaron las precipitaciones estivales, manteniendo una relación entre tamaño y porcentaje de jugo. Caso contrario hubiera pasado si el estrés se daba en la fase III de crecimiento de fruto, donde un estrés severo en naranja Lane Late, puede producir una deshidratación pasiva de las vesículas disminuyendo el % de jugo (Pérez-Pérez et al. 2009). De acuerdo a los parámetros de calidad establecidos los dos momentos de riego suplementario no afectaron los indicadores para la comercialización de fruta cítrica (% de jugo, índice de madurez y calibre de fruta).

El espesor de cascara para naranja Valencia tiene valores promedios de 2.9 – 3.5 mm, establecidos según estudios de calidad realizados anteriormente en la zona (datos no publicados). Si bien no es un parámetro establecido con rangos para poder comercializar como fruta de exportación, se busca que el espesor de cascara no sea fino para evitar problemas de oleocelosis o daño superficial en cascara y por otro lado, se busca que el espesor no sea tan amplio que disminuya el porcentaje de jugo. En las dos temporadas, los valores de los tratamientos se mantuvieron dentro del promedio de la variedad para la zona (Cuadro 4). El número de gajos y el número de semillas tampoco fueron afectados por los tratamientos alcanzando en promedio 9 y 2, poniendo en evidencia que el conjunto de estas características son propias de cada variedad con poca influencia del ambiente (Cuadro 4).

Así, la aplicación de riegos suplementarios según estadios fenológicos orientados a aumentar el número, peso y calidad de frutos en plantas cítricas se ha convertido en una herramienta de manejo productivo indispensable para lograr una eficiencia del uso de

recursos. El trabajo desarrollado en esta tesis permitió concluir que la aplicación de riego suplementario en los meses de julio a septiembre durante los cuales ocurre la diferenciación floral, floración, cuaje y fase I de crecimiento de fruto tiene un impacto positivo sobre el número de frutos y con ello sobre el rendimiento a cosecha. Esto se ve reflejado en un ahorro significativo de agua de riego debido a que no tuvo mayores diferencias con respecto a continuar regando durante los siguientes dos meses (CON) en los cuales se define el tamaño de los frutos.

La variabilidad entre años lleva a nuevos cuestionamientos que surgen a partir de los resultados de este trabajo, por ejemplo, ¿cuáles serían los umbrales de potencial agua xilemático antes de diferenciación floral por debajo de los cuales la calidad floral se vería comprometida debido a un bajo porcentaje de flores solitarias o multiflorales con hojas? ¿Qué señales se expresan durante el proceso de diferenciación floral que ocasiona una sobre expresión de las multiflorales sin hojas? Otra de las preguntas que surgen a partir de esta tesis es ¿qué umbrales de potencial hídrico se puede generar en floración-cuaje sin que la aplicación de riego en la etapa siguiente (i.e., al inicio de la fase II), ocasione caída prematura de fruta? ¿cuáles serían las señales que desencadenan este comportamiento en citrus que no ha sido observado en otros frutales?

En esta tesis evaluamos el efecto del riego suplementario en los momentos en los cuales comienzan a definirse los parámetros que hacen a la calidad de la fruta. Sólo se observaron ciertos cambios en el desarrollo de color e índice de madurez. Pero, son estos cambios un efecto directo del riego suplementario o son una consecuencia indirecta mediada por los cambios en el número de frutos ($\# \text{ m}^{-3}$)?.. En este sentido sería interesante evaluar a través de cortes anatómicos en qué período específico se definen el número de células que

darán lugar a las diferentes estructuras del fruto y cómo ello repercute sobre la calidad a cosecha. Por último, en esta tesis utilizamos sólo una combinación de pie – copa (Valencia Late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), injertado sobre Citrange Troyer (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* Raf.) : Evaluar la variabilidad entre combinaciones de pie y copa en los umbrales de estrés hídrico permitiría disponer de combinaciones más resistentes a la sequía.

La sequía invernal que caracteriza el clima en la zona de Yungas ha extendido su duración e intensidad en los últimos años como consecuencia de los cambios en el clima ocurridos debido al calentamiento global. A su vez, la baja disponibilidad de agua para riego requiere de una efectiva utilización del escaso recurso disponible. En este sentido el objetivo específico 1 proponía: evaluar la respuesta de los componentes del rendimiento a la aplicación de un riego suplementario durante julio-septiembre, coincidente con la diferenciación floral, floración, cuaje e fase I de crecimiento del fruto. Este objetivo se logró y pudimos inferir que el riego suplementario durante julio-septiembre mejora el número de frutos cuajados,. El *principal hallazgo* es que un cambio en la disponibilidad hídrica desde diferenciación floral genera una modificación en el número de frutos cuajados que se trasladan a número de frutos a cosecha, aun cuando al inicio de la fase II de crecimiento de fruto haya una disminución de la disponibilidad hídrica. Existe una tendencia en los tratamientos regados durante este periodo, a diferenciar inflorescencias con hojas y flores solitarias que se caracterizan por tener un mayor porcentaje de cuaje

También se cumplió con el objetivo específico 2: Evaluar la respuesta de los componentes del rendimiento a la aplicación de un riego suplementario durante octubre- noviembre, coincidente con el inicio de la fase II de crecimiento del fruto. En este sentido pudimos

concluir que un riego suplementario durante octubre-noviembre (coincidente con el inicio de la fase II de crecimiento de fruto) produce un mayor tamaño de frutos a cosecha, y no modifica el número de frutos cuajados si el estrés hídrico no es severo. Uno de los principales resultados es que luego de un estrés hídrico en floración, cuaje y fase I de crecimiento de fruto, la aplicación del riego al inicio de la fase II de crecimiento de fruto genera un mayor tamaño de fruto. En este sentido, es importante destacar que el tamaño de los frutos logrados aumenta la proporción destinada a exportación.

En conclusión, los resultados de esta tesis aportan herramientas de manejo para la producción de cítricos y bases para posteriores estudios ecofisiológicos del compartimiento de este cultivo en la región. De esta manera la información generada representa una herramienta para la toma de decisión del sector naranjero en Yuto, debido al impacto del riego suplementario sobre el rendimiento y el calibre de la fruta (como principal parámetro de calidad) en naranja cv Valencia Late que se traslada en una mayor rentabilidad del cultivo.

Bibliografía:

- Agustí, M., Martínez- Fuentes, A., Mesejo, C., Juan, M., Almela, V., 2003. Cuajado y Desarrollo de los Frutos Cítricos. Serie Divulgació Técnica. Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia, España.
- Anderson C., Banfi G., Betaña H., Casafus C., Costa N., Danos E., Fabiani A., Garran S., Larrocca L, Marco G., Messina M., Mika R., Mousques J., Plata M.I., Ragone M., Rivas R., Vaccaro N., Vazquez D., 1996. Manual para productores de naranja y mandarina de la region del Rio Uruguay.. Diversificación Productiva- Manual Serie “A” N°2. Secretaria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Concordia, Entre Rios.
- Allen G., R., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO Riego y Drenaje Paper n°: 56. Roma, FAO. .
- Ávila, C., Guardiola, J.L., Nebauer, S.G., 2011. Response of the photosynthetic apparatus to a flowering-inductive period by water stress in Citrus. Trees 26, 833–840.
- Bain, J. M. 1958. Morphological, anatomical, and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange, *Citrus sinensis* (L) Osbeck. Australian Journal of Botany, 6(1), 1–23.

- Ballester, C., Castel, J., Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., 2013. Response of Navel Lane Late citrus trees to regulated deficit irrigation: yield components and fruit composition. *Irrig. Sci.* 31, 333–341.
- Ballester, C., Castel, J., Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., 2011. Response of Clementina de Nules citrus trees to summer deficit irrigation. Yield components and fruit composition. *Agric. Water Manag.* 98, 1027–1032. .
- Bello, F., Eyman, L., Almirón, N., Cocco, A., 1981. Cartillas para determinar el índice de color de mandarinas y naranjas. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Concordia. Entre Rios, Argentina.
- Bianchi, A.R., Yáñez, C.E., 1992. Las Precipitaciones en el Noroeste Argentino. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA SALTA, 2ª ed. Salta, Argentina.
- Blázquez, J., 2011. Proyecciones climáticas sobre Sudamérica utilizando modelos climáticos globales . Análisis de incertidumbres. Tesis Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Braun Wilke, R. H., Santos, E.E., Picchetti, L.P., Larran, M.T., Guzman, G.F., Colarich, C.R., Casoli, C.A., 2001. Carta de aptitud ambiental de la provincia de Jujuy. Departamento de suelos y ecología. Ediunju, Jujuy, Argentina.
- Chambouleyron J. ,2005. Riego y drenaje (Tomo II). Técnicas para el desarrollo de una agricultura regadía sustentable. Ediunc, Mendoza, Argentina.

- Carr, M.K.V., 2012. The water relations and irrigation requirements of Citrus (*Citrus* spp.): A review. *Exp. Agric.* 48, 347–377.
- Castel, J.R., Buj A., 1990. Response of Salustiana oranges to high frequency deficit irrigation. *Irrig. Sci.* 11, 121–127.
- Conesa, M.R., García-Salinas, M.D., de la Rosa, J.M., Fernández-Trujillo, J.P., Domingo, R., Pérez-Pastor, A., 2014. Effects of deficit irrigation applied during fruit growth period of late mandarin trees on harvest quality, cold storage and subsequent shelf-life. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 165, 344–351.
- Cortés, C., Esteve, M.J., Frígola, A., 2008. Color of orange juice treated by high intensity pulsed electric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food Control* 19, 151–158.
- De Assis Gomes, M.D.M., Magalhães Andrade Lagôa, A.M., Medina, C.L., Machado, E.C., Machado, M.A., 2004. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. *Braz. J. Plant Physiol.* 16, 155–161.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H. 1979. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33*. Rome, FAO
- Domingo, R., Ruiz-Sánchez, M. C., Sánchez-Blanco, M. J., Torrecillas, A. ,1996. Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. *Irrigation Science*, 16(3), 115–123.

- Dovis, V.L., Machado, E.C., Ribeiro, R. V, Filho, J.R.M., Marchiori, P.E.R., Sales, C.R.G., 2014. Roots are important sources of carbohydrates during flowering and fruiting in “ Valencia ” sweet orange trees with varying fruit load. *Sci. Hortic.* (Amsterdam). 174,87-95.
- Fernández, J. E., Moreno, F., Girón, I. F., Blázquez, O. M. 1997. Stomatal control of water use in olive tree leaves. *Plant and Soil*, 190(2), 179–192.
- Foguet, J.L., 2012. Incorporación del Pto. Agr. José Luis Foguet a la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. *Rev. Ind. y Agríc. Tucumán* 89, 47–55.
- García-Luis, A., Kanduser, M., Santamarina, P., Guardiola, J.L., 1992. Low temperature influence on flowering in Citrus. The separation of inductive and bud dormancy releasing effects. *Physiol. Plant.* 86, 648–652.
- García-Tejero, I., Durán-Zuazo, V.H., Jiménez-Bocanegra, J.A., Muriel-Fernández, J.L., 2011a. Improved water-use efficiency by deficit-irrigation programmes: Implications for saving water in citrus orchards. *Sci. Hortic.* (Amsterdam). 128, 274–282.
- García-Tejero, I., Durán-Zuazo, V.H., Muriel-fernández, J.L., 2011b. Long-term impact of sustained-deficit irrigation on yield and fruit quality in sweet orange cv . Salustiana (SW Spain). *Comun. Sci.* 2, 76–84.
- García-Tejero, I., Jiménez-Bocanegra, J. a., Martínez, G., Romero, R., Durán-Zuazo, V.H., Muriel-Fernández, J.L., 2010a. Positive impact of regulated deficit irrigation on yield and fruit quality in a commercial citrus orchard [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck, cv. salustiano]. *Agric. Water Manage* 97, 614–622.

- García-Tejero, I., Romero-Vicente, R., Jimenez-Bocanegra, J.A., Martinez-Garcia, G., Durán-Zuazo, V.H., Muriel-Fernandez, J.L., 2010b. Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield , fruit quality , and water productivity. *Agric. Water Manage* 97, 689–699.
- Garrán, S.M., Ragone, M.L., Ciuccio,J., 1993. Observaciones fenológicas en plantas cítricas. XVI Congreso Argentino de Horticultura: Corrientes..
- Gasque, M., Granero, B., Turegano, J. V, 2010. Regulated deficit irrigation effects on yield , fruit quality and vegetative growth of “ Navelina ” citrus trees. *Spanish J. Agric. Res.* 8, 5–7.
- Ginestar, C., Castel, J.R., 1996. Responses of young clementine citrus trees to water stress during different phenological periods. *J. Hortic. Sci.* 551–559.
- Girona, J., Gelly, M., Mata, M., Arbonès, A., Rufat, J., Marsal, J., 2005. Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. *Agric. Water Manage* 72, 97–108.
- González-Altozano, P., Castel, J.R., 2003. Riego deficitario controlado en “Clementina de Nules ”. Efectos sobre el crecimiento vegetativo. *Spanish J. Agric. Res.* 1, 93–101.
- Grassi, C J. 1998. Fundamentos del riego. Serie Riego y Drenaje. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Mérida, Venezuela.
- Guardiola, J.L., García-Luis, A., 2000. Increasing fruit size in Citrus . Thinning and stimulation of fruit growth. *Plant Growth Regul.* 31, 121–132.

- Guardiola, J.L., Monerri, C., Agusti, M., 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. *Physiol. Plant.* 55, 136–142.
- Hsiao, T.C., Acevedo, E., 1974. Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. *Agric. Meteorol.* 14, 59–84.
- Hsiao, T.C., Steduto, P., Fereres, E., 2007. A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrig. Sci.* 25, 209–231.
- Iglesias, A., Garrote, L., 2015. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agric. Water Manage* 155, 113–124.
- Iglesias, D.J., Cercós, M., Colmenero-flores, J.M., Naranjo, M.A., Carrera, E., Ruiz-Rivero, O., Lliso, I., Morillon, R., Tadeo, F.R., Talon, M., 2007. Physiology of citrus fruiting. *Braz. J. Plant Physiol* 19, 333–362.
- Iglesias, D.J., Tadeo, F.R., Primo-Millo, E., Talon, M., 2003. Fruit set dependence on carbohydrate availability in citrus trees. *Tree Physiol.* 23, 199–204.
- INTA. Laboratorio de Teledetección y SIG. EECT Yuto. EEA Salta 1994. Informe caracterización climática Localidad de Yuto.
- IPCC, 2007. Cambio climático 2007. Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Pachauri, R.K., Reisinger, A. y Equipo principal de redacción ed. IPCC, Ginebra, Suiza.

- IPCC, 2014. El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC ¿Qué implica para Latinoamérica?. Contribución del grupo de trabajo II al Quinto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Field, C.B, Barros, V.R. y Equipo principal de redacción ed. IPCC, Ginebra, Suiza.
- Johnson, R.S., Handley, D.F., Dejong, T.M., 1992. Long-term response of early maturing peach trees to postharvest water deficits. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 117, 881–886.
- Koshita, Y., Takahara, T., 2004. Effect of water stress on flower-bud formation and plant hormone content of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). Sci. Hortic. (Amsterdam) 99, 301–307.
- Koshita, Y., Takahara, T., 1999. Involvement of endogenous plant hormones (IAA , ABA , GAs) in leaves and flower bud formation of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). Sci. Hortic. (Amsterdam) 79, 185–194.
- Kubo, T., Hohjo, I., Hiratsuka, S. 2001. Sucrose accumulation and its related enzyme activities in the juice sacs of satsuma mandarin fruit from trees with different crop loads. Sci. Hortic. 91(3–4), 215–225
- Laskowski, L. E., García-Luis, A., Torres, J. 2006. Desarrollo del fruto del *Citrus sinensis* var. Salustiana. Bioagro, 18(1).
- Monerri, C., Fortunato-Almeida, A., Molina, R.V., Nebauer, S.G., García-Luis, A., Guardiola, J.L., 2011. Relation of carbohydrate reserves with the forthcoming crop,

- flower formation and photosynthetic rate, in the alternate bearing “Salustiana” sweet orange (*Citrus sinensis* L.). *Sci. Hortic. (Amsterdam)* 129, 71–78.
- Ortuño, M.F., Garcia-Orellana, Y., Conejero, W., Ruiz-Sánchez, M.C., Alarcón, J.J., Torrecillas, A., 2006. Stem and leaf water potentials, gas exchange, sap flow and trunk diameter fluctuations for detecting water stress in lemon trees. *Trees* 20, 1–8.
- Palacios, J.P. 2005. *Citricultura*. 1ª. Ed. Tucumán.
- Panigrahi, P., Srivastava, A. K., Huchche, A. D., 2012. Effects of drip irrigation regimes and basin irrigation on Nagpur mandarin agronomical and physiological performance. *Agric. Water Manage* 104, 79–88.
- Pierantozzi, P., Torres, M., Bodoira, R., Maestri, D. 2013. Water relations, biochemical - physiological and yield responses of olive trees (*Olea europaea* L. cvs. Arbequina and Manzanilla) under drought stress during the pre-flowering and flowering period. *Agricultural Water Management*, 125, 13–25.
- Pérez-Pérez, J.G., Robles, J.M., Botía, P., 2009. Influence of deficit irrigation in phase III of fruit growth on fruit quality in “lane late” sweet orange. *Agric. Water Manage.* 96, 969–974.
- Pérez-Pérez, J.G., Romero, P., Navarro, J.M., Botía, P., 2008a. Response of sweet orange cv “Lane late” to deficit-irrigation strategy in two rootstocks. II: Flowering, fruit growth, yield and fruit quality. *Irrig. Sci.* 26, 519–529.

- Pérez-Pérez, J.G., Romero, P., Navarro, J.M., Botía, P., 2008b. Response of sweet orange cv “Lane late” to deficit irrigation in two rootstocks. I: Water relations, leaf gas exchange and vegetative growth. *Irrig. Sci.* 26, 415–425.
- Pérez, O., Becerra, S., Medina, V., 2005. Comportamiento de crecimiento y rendimiento de naranjo Valencia (*Citrus sinensis* L.) injertado en varios portainjertos en suelos calcisol vértico y pétrico. *Avances en Investigación. Agropecuaria.* 9, 33–51.
- Pozo, L. V., 2001. Endogenous hormonal status in citrus flowers and fruitlets : relationship with postbloom fruit drop. *Sci. Hortic. (Amsterdam).* 91, 251–260.
- Rapoport, H.F., Hammamia, S.B.M., Martinsa, P., Pérez-Priegoa, O., Orgaz, F., 2012. Influence of water deficits at different times during olive tree inflorescence. *Environ. Exp. Bot.* 77, 227–233.
- Romero, P., Navarro, J.M., Pérez-Pérez, J., García-Sánchez, F., Gómez-Gómez, a, Porras, I., Martinez, V., Botía, P., 2006. Deficit irrigation and rootstock: their effects on water relations, vegetative development, yield, fruit quality and mineral nutrition of Clemenules mandarin. *Tree Physiol.* 26, 1537–48.
- Rosenzweig, C., Strzepek, K.M., Major, D.C., Iglesias, A., Yates, D.N., McCluskey, A., Hillel, D., 2004. Water resources for agriculture in a changing climate: International case studies. *Glob. Environ. Chang.* 14, 345–360.
- Ruiz, R., 2001. Carbohydrate availability in relation to fruitlet abscission in citrus. *Ann. Bot.* 87, 805–812.

- Sadras, V. O., Milroy, S. P. 1996. Soil-water threshold for the responses of leaf expansion and gas exchange: a review. *Field Crop Research*, 47, 253–266.
- Southwick, S.M., Davenport, T.L., 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. *Plant Physiol.* 81, 26–9.
- Tadeo, F. R., Cercós, M., Colmenero-Flores, J. M., Iglesias, D. J., Naranjo, M. A., Ríos, G., Talon, M. (2008). Molecular Physiology of Development and Quality of Citrus. *Advances in Botanical Research*, 47(8), 147–223.
- Valiente, J.I., Gene Albrigo, L., 2004. Flower bud induction of sweet orange trees [*Citrus sinensis* (L .) Osbeck]: Effect of low temperatures , crop load , and bud age. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 129, 158–164.

ANEXOS

Anexo 1: Resumen de las propiedades físicas de los suelos. Valores promedios de densidad aparente (g/cm^3) y total espacio poroso (%). Los valores entre paréntesis representan el rango normal de variación (Grassi 1998).

Textura del suelo	Densidad aparente (g/cm^3)	Total espacio poroso %
Arenoso	1.65 (1.55-1.80)	38 (32-42)
Franco Arenoso	1.50 (1.40-1.60)	43 (40-47)
Franco	1.40 (1.35-1.50)	47 (43-49)
Franco arcilloso	1.35 (1.30-1.40)	49 (47-51)
Arcillo arenoso	1.30 (1.25-1.35)	51 (49-53)
Arcilloso	1.25 (1.20-1.30)	53 (51-55)

Anexo 2: Contenidos de agua en masa (Chambouleyron 2005) y volumétricos (Allen et al 2006) para los diferentes tipos de suelo con respecto a capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Los valores entre paréntesis representan el normal rango de variación.

Textura del suelo	Contenido volumétrico		Contenido masa	
	CC %	PMP%	CC %	PMP%
Arenoso	12 (7-17)	4.5 (2-7)	9 (6-12)	4 (2-6)
Arenoso franco	15 (11-19)	6.5		
Franco Arenoso	23 (18-28)	11	14 (10-18)	6 (4-8)
Franco	25 (20-30)	12 (7-17)	22 (18-26)	10 (8-12)
Franco limoso	29 (22-36)	15 (9-21)		
Limoso	32 (28-36)	17 (12-22)		
Franco arcilloso			27 (23-31)	13 (11-15)
Franco arcillo	33.5 (30-37)	20.5 (17-24)		
Arcillo limoso	36 (30-42)	23 (17-29)		
Arcillo arenoso			31 (27-35)	15 (13-17)
Arcilloso	36	22	35	17

(32-40)	(20-24)	(31-39)	(15-19)
---------	---------	---------	---------

Anexo 3: Análisis estadísticos

1) Agua relativamente extraíble del suelo (REW%) 2013-14

Modelos lineales generales y mixtos

	numDF	denDF	F	Valor de p
Tratamiento	3	30	20.61	<0.0001

Test de LSD Fisher. (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	Diferencias
CON	74.44	A
RS1	68.24	A
RS2	46.36	B
SR	39.60	B

2) Agua relativamente extraíble del suelo (REW%) 2014-15

Modelos lineales generales y mixtos

	numDF	denDF	F	Valor de p
Tratamiento	3	30	3.89	0.0184

Test de LSD Fisher (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	Diferencias
CON	68.15	A
RS2	66.75	A
RS1	66.19	A
SR	57.24	B

3) Potencial agua xilematico (MPa) 2013-14

Modelos lineales generales y mixtos

	numDF	denDF	F	Valor de p
Tratamiento	3	30	10.00	0.0001

Test de LSD Fisher (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	Diferencias
--------------------	---------------	--------------------

CON	-0.60	A	
RS1	-0.73	A	
RS2	-1.04		B
SR	-1.20		B

4) Potencial agua xilematico (MPa) 2014-15

Modelos lineales generales y mixtos

	numDF	denDF	F	Valor de p
Tratamiento	3	30	4.28	0.0125

Test de LSD Fisher (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	Diferencias
CON	-0.51	A
RS1	-0.55	A
RS2	-0.61	A B
SR	-0.72	B

5) Tipo de Inflorescencia (# inflorescencia/cm rama)

a) Solitarias 2013-14 (# inflorescencia/cm rama)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.00030	0.00010	5.48	0.0132
Bloque	4	0.00023	0.000058	3.17	0.0539
Error	12	0.00022	0.000018		
Total	19	0.010			

Nota: los valores fueron transformados utilizando la función arcoseno \sqrt{x}

Test de Duncan (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
RS1	0.09	5	A

CON	0.08	5	A	B
RS2	0.06	5		B
SR	0.06	5		B

b) Solitarias 2014-15 (# inflorescencia/cm rama)

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	0.15	13.36	0.0038
RS1	5	0.12		
RS2	5	0.04		
SR	5	0.02		

Nota: los valores fueron transformados utilizando la función arcoseno \sqrt{x}

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias		
CON	16.20	A		
RS1	14.00	A	B	
RS2	7.70		B	C
SR	4.10			C

c) Multifloral sin hojas 2013-14 (# inflorescencia/cm rama)

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	0.0046	4.99	0.1550
RS1	5	0.0021		
RS2	5	0.02		
SR	5	0.02		

Nota: los valores fueron transformados utilizando la función arcoseno \sqrt{x}

d) Multifloral sin hojas 2014-15 (# inflorescencia/cm rama)

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	0.29	8.27	0.0407
RS1	5	0.26		
RS2	5	0.47		
SR	5	0.43		

Nota: los valores fueron transformados utilizando la función arcoseno \sqrt{x}

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias
RS2	15.60	A
SR	12.50	A B
CON	8.10	B
RS1	5.80	B

e) Multifloral con hojas 2013-14 (# inflorescencia/cm rama)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.01	0.0024	2.27	0.1324
Bloque	4	0.02	0.0040	3.71	0.0344
Error	12	0.01	0.0011		
Total	19	0.04			

Nota: los valores fueron transformados utilizando la función arcoseno \sqrt{x}

f) Multifloral con hojas 2014-15 (# inflorescencia/cm rama)

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	0.19	10.03	0.0183
RS1	5	0.20		
RS2	5	0.15		
SR	5	0.14		

Nota: los

valores fueron transformados utilizando la función arcoseno \sqrt{x}

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias
RS1	15.80	A

CON	13.40	A	B
RS2	6.60		B
SR	6.20		B

6) Cuaje (# frutos/inflorescencias X100)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Año	1	0.0000817	0.0000817	0.09	0.76
Tratamiento	3	0.00151625	0.00050542	5.69	0.01
Tratamiento x Año	3	0.00054120	0.00018040	2.03	0.12
Bloque	4	0.00128965	0.00032241	3.63	0.02
Error	28	0.00248863	0.00008888		
Total	39	0.00584390			

Nota: los valores fueron transformados utilizando la función arcoseno \sqrt{x}

Test de Duncan. (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
RS1	0.033863	10	A
CON	0.033749	10	A
SR	0.021536	10	B
RS2	0.021460	10	B

7) Cuaje por tipo de inflorescencia 2014-15 (# frutos/tipo de inflorescencias X100)

a) Multifloral con hojas

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.01	0.0027	1.80	0.1999
Bloque	4	0.09	0.02	14.43	0.0002
Error	12	0.02	0.0015		
Total	19	0.11			

Nota: los valores fueron transformados utilizando la función arcoseno \sqrt{x}

b) Solitarias

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
----------------------	-----------------	-------------------	----------------	---	------------

Tratamiento	3	0.16	0.05	2.75	0.0890
Bloque	4	0.07	0.02	0.89	0.4996
Error	12	0.23	0.02		
Total	19	0.45			

Nota: los valores fueron transformados utilizando la función arcoseno \sqrt{x}

Test de Duncan. (Alfa=0.10)

Tratamiento	Media	N	Diferencias	
CON	0.56	5	A	
RS1	0.45	5	A	B
RS2	0.35	5		B
SR	0.34	5		B

8) Tamaño inicial de fruto

a) Peso inicial del fruto 2013-14 (gr)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	82.93	27.64	6.76	0.0064
Bloque	4	57.90	14.47	3.54	0.0396
Error	12	49.10	4.09		
Total	19	189.92			

Test de Duncan. (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias	
CON	6.80	5	A	
RS1	6.24	5	A	
SR	2.64	5		B
RS2	2.31	5		B

b) Diámetro inicial del fruto 2013-14 (gr)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	258.78	86.26	7.04	0.0055
Bloque	4	150.33	37.58	3.07	0.0589
Error	12	147.00	12.25		
Total	19	556.10			

Test de Duncan (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
CON	21.91	5	A
RS1	21.33	5	A
SR	14.88	5	B
RS2	14.04	5	B

c) Altura inicial del fruto 2013-14 (gr)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	275.57	91.86	6.30	0.0082
Bloque	4	204.32	51.08	3.51	0.0407
Error	12	174.86	14.57		
Total	19	654.76			

Test de Duncan(Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
CON	22.59	5	A
RS1	21.82	5	A
RS2	14.95	5	B
SR	14.66	5	B

d) Peso inicial del fruto 2014-15 (gr)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	48.69	16.23	13.65	0.0004
Bloque	4	10.19	2.55	2.14	0.1380
Error	12	14.27	1.19		
Total	19	73.15			

Test de Duncan (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
CON	5.73	5	A
RS1	4.57	5	A
RS2	2.56	5	B
SR	1.81	5	B

e) Diámetro inicial del fruto 2014-15 (gr)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	171.48	57.16	15.78	0.0002
Bloque	4	39.37	9.84	2.72	0.0804
Error	12	43.48	3.62		
Total	19	254.33			

Test de Duncan (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
CON	20.31	5	A
RS1	18.43	5	A
RS2	14.58	5	B
SR	12.98	5	B

f) Altura inicial del fruto 2014-15 (gr)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	196.60	65.53	14.06	0.0003
Bloque	4	36.51	9.13	1.96	0.1654
Error	12	55.94	4.66		
Total	19	289.05			

Test de Duncan (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
CON	22.55	5	A
RS1	20.52	5	A
RS2	16.21	5	B
SR	14.50	5	B

9) Incremento del diámetro del fruto (mm día⁻¹)a) Incremento del diámetro del fruto (mm día⁻¹) 2013-14

Modelos lineales generales y mixtos

	numDF	denDF	F	Valor de p
Tratamiento	3	108.00	0.33	0.8005
Días desde floración	6	108.00	38.17	<0.0001

Tratamiento*Días desde floración	18	108.00	1.08	0.3865
----------------------------------	----	--------	------	--------

a) Incremento del diámetro del fruto (mm día⁻¹) 2014-15

Modelos lineales generales y mixtos

	numDF	denDF	F	Valor de p
Tratamiento	3	140	0.27	0.8445
Días desde floración	6	140	6.56	<0.0001
Tratamiento*Días desde floración	24	104	0.62	0.9170

10) Diámetro del fruto (mm) desde floración

a) Diámetro del fruto (mm)desde floración 2013-14

Modelos lineales generales y mixtos

	numDF	DenDF	F	Valor de p
Tratamiento	3	124	17.94	<0.0001
Días desde floración	7	124	931.14	<0.0001
Tratamiento*Días desde floración	21	124	1.27	0.2079

Test de LSD Fisher (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	Diferencias
RS1	66.20	A
CON	65.39	A
RS2	62.86	B
SR	61.51	B

b) Diámetro del fruto desde floración (mm)2014-15

Modelos lineales generales y mixtos

	numDF	DenDF	F	Valor de p
Tratamiento	3	156	22.07	<0.0001
Días desde floración	9	156	213.87	<0.0001
Tratamiento*Días desde floración	27	156	0.22	>0.9999

Test de LSD Fisher (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	Diferencias
RS2	47.05	A
CON	46.93	A
RS1	45.97	A
SR	40.79	B

11) Rendimiento y sus componentes

a) Rendimiento por volumen de copa (kg/m³ de copa)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Año	1	90.95	90.95	11.96	0.0016
Tratamiento	3	157.13	52.38	6.89	0.0010
Tratamiento x Año	3	19.34	6.45	0.85	0.4780
Error	32	243.28	7.60		
Total	39	510.70			

Test de Duncan. (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
RS1	11.36	10	A
CON	10.66	10	A
RS2	7.30	10	B
SR	6.88	10	B

Test de Duncan (Alfa=0.05)

Año	Media	N	Diferencias
2014	10.56	20	A
2013	7.54	20	B

b) Numero de fruta por volumen de copa (#fruta/m³ de copa)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Año	1	3611.54	3611.54	21.10	0.0001
Tratamiento	3	3181.68	1060.56	6.20	0.0023
Tratamiento x Año	3	371.76	123.92	0.72	0.5461

Bloque	4	739.27	184.82	1.08	0,3852
Error	28	4791.88	171.14		
Total	39	12696.15			

Test de Duncan. (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias	
RS1	50.89	10	A	
CON	49.05	10	A	
SR	34.09	10		B
RS2	30.61	10		B

Test de Duncan. (Alfa=0.05)

Año	Media	N	Diferencias	
2014	50.66	20	A	
2013	31.66	20		B

c) Peso de fruta a cosecha (gr)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Año	1	16681.79	16681.79	30.49	<0.0001
Tratamiento	3	12525.08	4175.03	7.63	0.0007
Tratamiento x Año	3	1105.42	368.47	0.67	0.5756
Bloque	4	4192.10	1048.02	1.92	0.1356
Error	28	15321.29	547.19		
Total	39	49825.68			

Test de Duncan. (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias	
RS2	252.75	10	A	
RS1	231.83	10	A	B
CON	225.53	10		B
SR	203.11	10		C

Test de Duncan. (Alfa=0.05)

Año	Media	N	Diferencias	
2013	248.72	20	A	
2014	207.88	20		B

12) Peso seco de fruto (g/fruto)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	179.40	59.80	4.23	0.0295
Bloque	4	40.46	10.11	0.72	0.5972
Error	12	169.59	14.13		
Total	19	389.45			

Test de Duncan (Alfa=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
RS2	39.67	5	A
RS1	35.38	5	A
CON	35.94	5	A
SR	31.22	5	B

13) Calidad de fruto

a) Rendimiento por calibre comercial (mercado interno superior 86mm) 2013-4.

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	19.25	11.41	0.0097
RS1	5	17.47		
RS2	5	36.94		
SR	5	6.92		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias
SR	4.20	A
RS1	10.00	A
CON	11.00	B
RS2	16.80	C

b) Rendimiento por calibre comercial (mercado interno superior 86mm) 2014-5

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	0.47	5.97	0.1053
RS1	5	3.63		
RS2	5	3.51		

SR	5	0.64
----	---	------

c) Rendimiento por calibre comercial (%calibre 3) 2013-4.

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	36.70	3.77	0.2879
RS1	5	31.45		
RS2	5	39.66		
SR	5	30.61		

d) Rendimiento por calibre comercial (%calibre 3) 2014-5.

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	17.31	6.47	0.0907
RS1	5	31.85		
RS2	5	43.34		
SR	5	15.71		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias
SR	7.00	A
CON	8.00	A
RS1	11.40	A B
RS2	15.60	B

e) Rendimiento por calibre comercial (%calibre 4) 2013-4.

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	39.41	9.21	0.0267
RS1	5	42.50		
RS2	5	21.43		
SR	5	45.37		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias
RS2	3.80	A
CON	11.00	B
RS1	13.40	B

SR	13.80	B
----	-------	---

f) Rendimiento por calibre comercial (%calibre 4) 2014-15.

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	63.57	2.570	0.4635
RS1	5	53.45		
RS2	5	48.56		
SR	5	60.58		

g) Rendimiento por calibre comercial (%calibre 5) 2013-14

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	4.63	6.27	0.0993
RS1	5	8.15		
RS2	5	2.96		
SR	5	17.05		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias
RS2	7.50	A
CON	9.00	A
RS1	11.10	A
SR	14.40	B

h) Rendimiento por calibre comercial (%calibre 5) 2014-15.

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	18.46	6.19	0.1028
RS1	5	10.97		
RS2	5	4.60		
SR	5	21.92		

i) Rendimiento por calibre comercial (%calibre 6) 2013-14.

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	0.01	3.83	0.1205
RS1	5	0.43		
RS2	5	0.00		
SR	5	0.05		

j) Rendimiento por calibre comercial (%calibre 6) 2014-15.

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	0.18	6.34	0.0552
RS1	5	0.11		
RS2	5	0.00		
SR	5	2.21		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias
RS2	6.00	A
RS1	10.20	A B
CON	10.40	A B
SR	15.40	B

k) Sólidos Solubles (°Brix) 2013-14

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	3.77	1.26	2.85	0.0819
Bloque	4	0.05	0.01	0.03	0.9984
Error	12	5.29	0.44		
Total	19	9.11			

l) Sólidos Solubles (°Brix) 2014-15

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.31	0.10	0.37	0.7787
Bloque	4	3.32	0.83	2.99	0.0632

Error	12	3.34	0.28
Total	19	6.97	

m) Sólidos solubles comparación entre años (2013-14; 2014-15)
ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	3.09	1.03	2.77	0.0557
Año	1	0.03	0.03	0.07	0.7967
Error	35	12.98	0.37		
Total	39	16.10			

n) Acidez Titulable 2013-14
Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	0.94	11.48	0.0092
RS1	5	0.93		
RS2	5	1.11		
SR	5	1.42		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias	
CON	6.20	A	
RS1	7.00	A	
RS2	11.30	A	B
SR	17.50		B

o) Acidez Titulable 2014-15

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	0.67	2.64	0.4483
RS1	5	0.68		
RS2	5	0.75		
SR	5	0.72		

p) Acidez titulable comparación entre años (2013-14; 2014-15)

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
2013-14	20	1.10	22.03	<0.0001
2014-15	20	0.75		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias
2014	11.83	A
2013	29.18	

q) Índice de madurez 2013-4

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	68.58	22.86	8.16	0.0031
Bloque	4	8.28	2.07	0.74	0.5832
Error	12	33.60	2.80		
Total	19	110.46			

Test de Duncan (ALFA=0.05)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
CON	11.40	5	A
RS1	10.34	5	A
RS2	8.12	5	B
SR	6.66	5	C

r) Índice de madurez 2014-15

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	23.98	7.99	2.18	0.1435
Bloque	4	10.12	2.53	0.69	0.6132
Error	12	44.02	3.67		
Total	19	78.12			

s) Índice de madurez comparación entre años (2013-14; 2014-15)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
----------------------	-----------------	-------------------	----------------	---	------------

Tratamiento	3	85.27	28.42	9.63	0.0001
Año	1	137.13	137.13	46.46	<0.0001
Error	35	103.31	2.95		
Total	39	325.71			

Test de Duncan(Alfa=0.05)

Año	Media	N	Diferencias
2014	12.83	20	A
2013	9.13	20	B

t) Índice de color 2013-14
Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	0.07	14.31	0.0025
RS1	5	0.03		
RS2	5	-3.14		
SR	5	-2.80		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias
SR	5.40	A
RS2	5.60	A
RS1	15.20	B
CON	15.80	B

u) Índice de color 2014-15
Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	5	-0.05	5.97	0.1130
RS1	5	-0.59		
RS2	5	-0.81		
SR	5	-0.63		

v) Índice de color comparación entre años (2013-14; 2014-15)
ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	36.66	12.22	4.06	0.0142
Año	1	5.73	5.73	1.90	0.1765
Error	35	105.43	3.01		
Total	39	147.83			

w) Espesor de cascara (mm) 2013-14

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	3.37	1.12	3.26	0.0594
Bloque	4	7.19	1.80	5.23	0.0113
Error	12	4.13	0.34		
Total	19	14.69			

x) Espesor de cascara (mm) 2014-15

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.40	0.13	0.55	0.6554
Bloque	4	0.72	0.18	0.75	0.5781
Error	12	2.90	0.24		
Total	19	4.03			

y) Espesor de cascara (mm) comparación entre años (2013-14)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	1.38	0.46	0.93	0.4377
Año	1	3.03	3.03	6.11	0.0185
Error	35	17.33	0.50		
Total	39	21.74			

Test de Duncan(Alfa=0.05)

Año	Media	N	Diferencias
2013	3.67	20	A
2014	3.12	20	B

z) Número de gajos (#) 2013-14

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.44	0.15	0.89	0.4739
Bloque	4	0.40	0.10	0.62	0.6599
Error	12	1.97	0.16		
Total	19	2.18			

aa) Número de gajos (#) 2014-15

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.80	0.27	1.01	0.4210
Bloque	4	2.35	0.59	2.23	0.1271
Error	12	3.17	0.26		
Total	19	6.32			

bb) Número de gajos (#) comparación entre años (2013-14: 2014-15)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.27	0.09	0.36	0.7807
Año	1	4.97	4.97	19.65	0.0001
Error	35	8.85	0.25		
Total	39	21.74			

Test de Duncan(Alfa=0.05)

Año	Media	N	Diferencias
2014	10.37	20	A
2013	9.67	20	B

cc) Número de semillas (#) 2013-14

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.52	0.17	0.53	0.6731
Bloque	4	0.51	0.13	0.39	0.8141
Error	12	3.94	0.33		
Total	19	4.97			

dd) Número de semillas (#) 2014-15

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.40	0.13	0.47	0.7100
Bloque	4	1.64	0.41	1.43	0.2829
Error	12	3.43	0.29		
Total	19	5.47			

ee) Número de semillas (#) comparación entre años (2013-14)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.58	0.19	0.69	0.5670
Año	1	3.14	3.14	11.14	0.0020
Error	35	9.86	0.28		
Total	39	13.57			

Test de Duncan(Alfa=0.05)

Año	Media	N	Diferencias
2014	2.05	20	A
2013	1.49	20	B

ff) % de jugo 2013-14

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	28.34	9.45	0.35	0.7907
Bloque	4	50.67	12.67	0.47	0.7585
Error	12	324.92	27.08		
Total	19	403.93			

gg) % de jugo 2014-15

ANOVA

Fuentes de	Grados	Suma de cuadrados	Cuadrado	F	Valor
-------------------	---------------	--------------------------	-----------------	----------	--------------

variación	libertad		medio		de p
Tratamiento	3	67.01	22.34	1.37	0.2984
Bloque	4	66.04	16.51	1.01	0.4383
Error	12	195.34	16.28		
Total	19	328.40			

hh) % de jugo comparación entre años (2013-14; 2014-15)

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	59.28	19.75	1.03	0.3926
Año	1	113.96	113.96	5.93	0.0202
Error	35	673.09	19.23		
Total	39	846.29			

Test de Duncan(Alfa=0.05)

Año	Media	N	Diferencias
2014	51.12	20	A
2013	47.74	20	B

14) Eficiencia del uso del agua total (riego + precipitaciones) : EUA total

ANOVA

Fuentes de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor de p
Tratamiento	3	0.00006	0.00002	2.77	0.0578
Bloque	4	0.000014	0.0000036	0.49	0.7402
Error	12	0.00023	0.0000073		
Total	19	0.00031			

Test de Duncan (ALFA=0.10)

Tratamiento	Media	N	Diferencias
RS1	0.01	10	A
CON	0.01	10	A
SR	0.01	10	B
RS2	0.01	10	B

15) Eficiencia del uso del agua regado (riego) : EUA regado

Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	N	Medias	H	Valor de p
CON	10	0.04	26.83	<0.0001
RS1	10	0.06		
RS2	10	0.08		
SR	10	0.83		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Ranks	Diferencias	
CON	8.85	A	
RS1	18.45	A	B
RS2	19.20		B
SR	35.50		C

Anexo 4: Relación entre el REW y potencial hídrico xilemático. El ψ_{md} aumentó linealmente con el REW % para el conjunto de todos los tratamientos de riego, fechas de medición y temporadas consideradas conjuntamente, hasta un REW de 67%. Por encima de ese valor aumentos en el REW no se asociaron con cambios en el ψ_{md} (Fig. A1). En la fase de respuesta lineal, por cada 10% de disminución en el REW, el ψ_{md} disminuyó - 1.79 MPa.

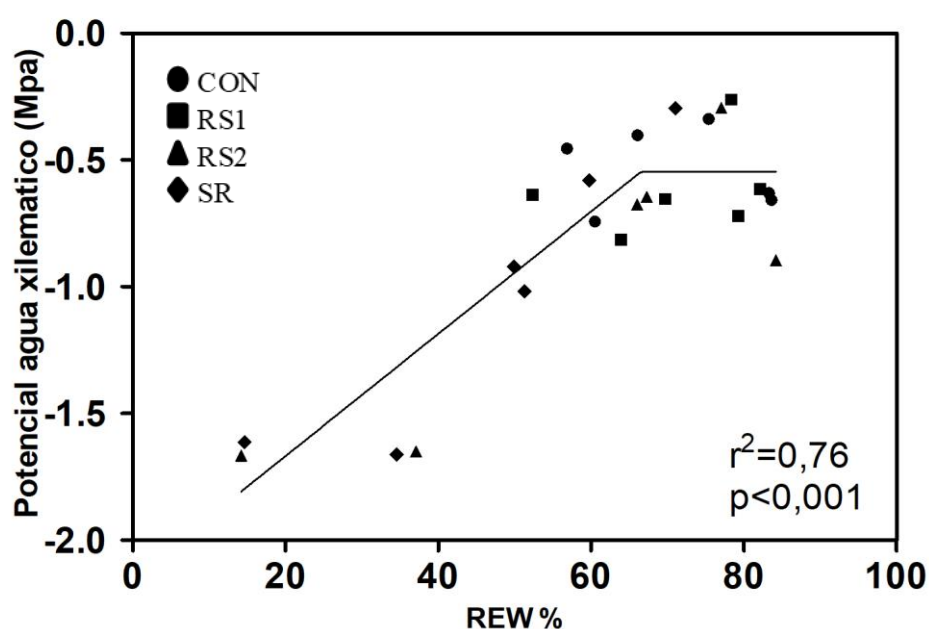


Fig A.1: Relación entre el potencial hídrico xilemático medido al mediodía (MPa) y el porcentaje de agua extraíble (REW%) para todos los tratamientos, fechas de medición y temporada tomados en conjunto). Los tratamientos fueron: Control regado (CON), Riego suplementario de julio a septiembre (RS1), Riego suplementario de octubre a noviembre (RS2) y Sin riego (SR).. Cada punto representa el promedio de cinco bloques. La ecuación fue obtenida de la Relación no lineal según la ecuación: $-2.15 + (2.41 * REW) * (REW < 0.67) + (2.41 * 0.67) * (REW \geq 0.67)$

Anexo 4: Calibrado de la fruta en packing, calibres comerciales de naranjas (Palacios 2005).

Calibre comercial	Diámetro ecuatorial (mm)
3	77,5 – 86
4	70 – 74
5	62-67
6	53-55

Calibres 5 (56 a 67 mm) y 6 (53 a 55 mm) son considerados frutos muy pequeños destinados a mercado interno. Calibre superiores a 3 (i.e., mayor a 86 cm de diámetro) son considerados demasiado grandes y se los destina también a mercado interno. Calibres 3 y 4 destinados para exportación.

Anexo 6: Caracterización climática realizada para la zona de Yuto en marco del proyecto - Los valores medios mensuales y anuales de temperatura fueron estimados utilizando el modelo estadístico INTASAL-TEMP (Bianchi et al 1992)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura media (°C)	25.8	24.8	23.4	20.4	17.8	14.6	14.5	16.2	19.0	22.6	24.2	25.5	20.7
Precipitación (mm)	191	167	148	74	19	6	4	6	5	34	75	133	862